

AGRO
PRODUCTIVIDAD

AP

 **ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Resistencia de
Frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.)

mejorado por
métodos cuantitativos contra
Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli*

pág. 38

Año 9 • Volumen 9 • Número 10 • octubre, 2016

| | |
|--|----|
| RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍCES (<i>Zea mays</i> L.) SEMBRADOS EN LA COSTA CHICA DE GUERRERO, MÉXICO | 3 |
| EVALUACIÓN DE CONDICIONES HIDRÁULICAS EN RED MAYOR, PARA CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS MICROHIDRÁULICAS, GENERADORAS DE ELECTRICIDAD | 8 |
| EFFECTOS DE LA NUTRICIÓN CON CALCIO Y BORO EN PLANTAS JÓVENES DE <i>Coffea arabica</i> L. | 17 |
| EL CULTIVO DE <i>Coffea arabica</i> L. POR PEQUEÑOS PRODUCTORES | 21 |
| RELACIONES HÍDRICAS EN EXPLANTES FOLIARES DE <i>Coffea canephora</i> (Pierre) ex Froehner | 26 |
| MODELO DE TOMA DE DECISIONES DE ABASTO DE AGUA EN UNA COMUNIDAD RURAL | 32 |

y más artículos de interés...

PRECIO AL PÚBLICO \$75.00 PESOS


COLEGIO DE
POSTGRADUADOS

Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación científica y tecnológica, auspiciada por el Colegio de Postgraduados de forma mensual para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines. En ella se publica información original y relevante para el desarrollo agropecuario, social y otras disciplinas relacionadas, en formato de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones son arbitradas y la publicación final se hace en idioma español. La contribución debe tener una extensión máxima de 15 cuartillas, incluyendo las ilustraciones. Deberá estar escrita en Word a doble espacio empleando el tipo Arial a 12 puntos y márgenes de 2.5 cm. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las ilustraciones serán de calidad suficiente para su impresión en offset a colores, y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

La estructura de la contribución será la siguiente:

1) Artículos: una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Resumen, abstract, objetivos, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada; 2) Notas, Ensayos y Relatorías: deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten o proponen.

Formato

Título. Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en *itálicas*.

Autor o Autores. Se escribirán él o los nombres completos, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Al pie de la primera página se indicará el nombre de la institución a la que pertenece el autor y la dirección oficial, incluyendo el correo electrónico.

Cuadros. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro.

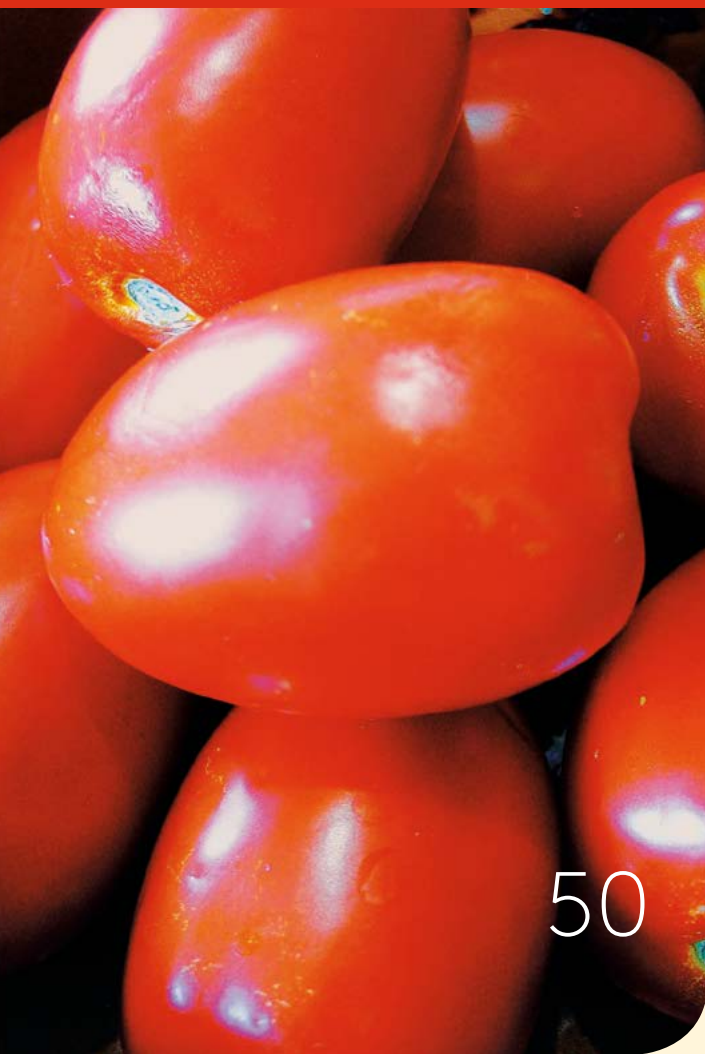
Figuras. Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Citas libros y Revistas:

- Bozzola J. J., Russell L. D. 1992. Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists. Ed. Jones and Bartlett. Boston. 542 p.
- Calvo P., Avilés P. 2013. A new potential nano-oncological therapy based on polyamino acid nanocapsules. Journal of Controlled Release 169: 10-16.
- Gardea-Torresdey J. L., Peralta-Videa J. R., Rosa G., Parsons J. G. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. Coordination Chemistry Reviews 249: 1797-1810.

Agro productividad. Año 9, Volumen 9, número 10, octubre 2016, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-022412450500-102. ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Impresa en México por LIBROS EN DEMANDA, S. DE R. L. DE C. V. Calle 3 No. 1000, Zona Industrial, Guadalajara, Jalisco, México. CP. 44940. Este número se terminó de imprimir el 31 de octubre de 2016 con un tiraje de 3000 ejemplares.



50

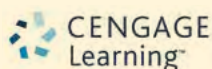
Contenido

| | |
|----|---|
| 3 | RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍCES (<i>Zea mays</i> L.) SEMBRADOS EN LA COSTA CHICA DE GUERRERO, MÉXICO |
| 8 | EVALUACIÓN DE CONDICIONES HIDRÁULICAS EN RED MAYOR, PARA CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS MICROHIDRÁULICAS, GENERADORAS DE ELECTRICIDAD |
| 17 | EFFECTOS DE LA NUTRICIÓN CON CALCIO Y BORO EN PLANTAS JÓVENES DE <i>Coffea arabica</i> L. |
| 21 | EL CULTIVO DE <i>Coffea arabica</i> L. POR PEQUEÑOS PRODUCTORES |
| 26 | RELACIONES HÍDRICAS EN EXPLANTES FOLIARES DE <i>Coffea canephora</i> (Pierre) ex Froehner |
| 32 | MODELO DE TOMA DE DECISIONES DE ABASTO DE AGUA EN UNA COMUNIDAD RURAL |
| 38 | RESISTENCIA DE FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) MEJORADO POR METODOS CUANTITATIVOS CONTRA <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> |
| 45 | MILPA O BOSQUE: ENCRUCIJADA EN LOCALIDADES MARGINADAS |
| 50 | MÉTODOS DE ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES PARA LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) HIDROPÓNICO |
| 56 | MAGUEY PULQUERO (<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck): OPCIÓN PARA DESARROLLO RURAL |
| 63 | USO DE LAS TRAMPAS TDB-1107 PARA RECOLECTAR INSECTOS EN CÍTRICOS |
| 68 | INSECTICIDAS EN LA TRANSMISIÓN DEL VIRUS DE LA MANCHA ANULAR DE <i>Carica papaya</i> L., MEDIANTE <i>Aphis nerii</i> (Boyer de Fonscolombe) |
| 75 | DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA OBTENER EL ÁREA FOLIAR DE HOJAS SIMPLES |
| 79 | ANÁLISIS DEL POTENCIAL AGROECOTURÍSTICO DE SANTIAGO MATATLÁN, VALLE DE TLACOLULA, OAXACA, MÉXICO |
| 87 | CARACTERIZACIÓN DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN LA REGIÓN DEL ALTIPLANO, DE SAN LUIS POTOSI, MÉXICO |

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Master Journal List
THOMSON REUTERS

Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

Guerrero 9, esquina Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Teléfono: 01 (595) 928 4703 jocadena@colpos.mx; jocadena@gmail.com

Impresión 3000 ejemplares.

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.



Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo
Ma. de Lourdes de la Isla
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopollución

Ángel Lagunes T.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Entomología

Enrique Palacios V.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Hidrociencias

Colegio de Postgraduados—Córdoba
Fernando Carlos Gómez Merino
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Colegio de Postgraduados—San Luis Potosí
Fernando Clemente Sánchez
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Luis Antonio Tarango Arámbula
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Instituto de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Pedro Cadena I.
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

Carlos Mallen Rivera
M. C. Director de Promoción y Divulgación

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
Victor Villalobos A.
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
(Guatemala)
Manuel David Sánchez Hermosillo
Dr. Ing. Agr. Nutrición Animal y manejo de Pastizales

Servicio Nacional de Inspección y
Certificación de Semillas
(SNICS-SAGARPA)
Manuel R. Villa Issa
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola.
Director General

Editorial

Volumen 9 • Número 10 • octubre, 2016.

Recientemente, la Revista **AGRO PRODUCTIVIDAD**, fue seleccionada por el **Programa de mentores en Programa Adopte un Talento (PAUTA) www.pauta.org.mx, del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM**, en donde se desarrollan habilidades científicas en niños y jóvenes que tienen gusto y talento científico, en las sedes de la Ciudad de México, Morelos, Michoacán y Chiapas. Una de las actividades que se realizan para fomentar la lectura científica de la población, es a través de un concurso interno, donde los niños reciben un artículo científico y ellos tienen que hacer a su vez, un artículo o comunicación de divulgación. El Programa de Mentores seleccionó tres artículos del número dedicado a Vainilla (Año 9, Vol. 9, Núm. 1 Enero 2016), para que los participantes de **PAUTA**, los lean, comprendan, y así desarrollen una comunicación de divulgación. La Responsable del Programa de Mentores es la Candidata a Doctora: **Sandra L. Carpinteyro U.**, a través del Programa de Vinculación Científica. **AGRO PRODUCTIVIDAD** agradece la deferencia de **PAUTA** y nos complace que el mensaje científico este llegando a los usuarios, en este caso, a los niños; futuros científicos de México. En este número la revista ofrece una gama de resultados de investigación que esperamos sean de utilidad a los profesionales, estudiantes y productores que participan en el sector agrícola de México.

Dr. Jorge Cadena Iñiguez
Director de **AGRO PRODUCTIVIDAD**

RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍCES (*Zea mays* L.) SEMBRADOS EN LA COSTA CHICA DE GUERRERO, MÉXICO

GRAIN YIELD OF MAIZE (*Zea mays* L.) CULTIVARS SOWN IN THE COSTA CHICA
REGION, GUERRERO, MÉXICO

**Francisco-Palemón, A.^{1*}; Cruz-Lagunas, B.¹; Gómez-Montiel, N.O.³; Hernández-Galeno, C.A.³;
Vargas Álvarez D.²; Reyes-García, G.¹; Damián-Nava, A.¹; Hernández-Castro, E.¹**

¹Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. ²Unidad Académica de Ciencias Químico biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Periférico Poniente s/n. Col. Villa de Guadalupe. CP. 40000 Iguala de la Independencia, Guerrero. Tel. 01 (733) 33.

***Autor responsable:** alpaf75@hotmail.com

RESUMEN

En la región Costa Chica de Guerrero, México, se siembra maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de riego y temporal. En el ciclo Primavera-Verano de 2012 se visitaron 198 agricultores de maíz, con el objetivo de asesorar e identificar el tipo biológico de maíz que siembra bajos diversas condiciones de suelo. Se georeferenciaron parcelas y dio seguimiento hasta la estimación de rendimiento de grano. Se identificaron cuatro poblaciones nativas de las razas Vandeño, Olotillo, Tepecintle y Conejo, un híbrido de Asgrow, 22 del INIFAP, 14 de Pioneer, seis de UNISEM y nueve variedades de INIFAP. Las poblaciones nativas ocuparon mayor superficie de siembra en suelos de bajo potencial productivo, mientras que los híbridos y variedades nacionales se ubicaron en suelos de mediano potencial, y los híbridos trasnacionales se encontraron en suelos de alto potencial productivo.

Palabras clave: Poblaciones nativas, híbridos, variedades.

ABSTRACT

In the Costa Chica region of Guerrero, México, maize (*Zea mays* L.) is grown under irrigation and rainfed conditions. In the 2012 Spring-Summer cycle, 198 maize farmers were visited, with the objective of advising and identifying the biological type of maize that is sown under diverse soil conditions. Plots were georeferenced and followed up until estimating grain yield. Four native populations of the races Vandeño, Olotillo, Tepecintle and Conejo were identified, one Asgrow hybrid, 22 from INIFAP, 14 from Pioneer, six from UNISEM and nine cultivars from INIFAP. The native populations occupied a larger sowing surface in soils of low productive potential, while the hybrids and national varieties were located in soils of medium potential, and the transnational hybrids were found in soils of high productive potential.

Keywords: Native populations, hybrids, varieties.

INTRODUCCIÓN

En México se ha registrado diversidad genética del maíz (*Zea mays* L.), y en la región Costa Chica del estado de Guerrero, los agricultores de las comunidades rurales aún conservan la variación de sus poblaciones nativas de maíz con características, tales como tamaño de mazorca, forma y color de granos, calidad de la tortilla), en diversas condiciones agroecológicas (Palemón, 2010). Para conocer mejor la situación actual del maíz en dicha región, se exploraron más de 100 localidades en el ciclo Primavera-Verano 2012, con el fin de Identificar y agrupar los maíces de aceptable productividad en las localidades de la Región Costa Chica de Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en los municipios de Ayutla de los Libres, Azoyú, Cópala, Cuajinicuilapa, Cuatepec, Florencio Villarreal, Iguala, Juchitán, Marquelia, Ometepec, San Luis Acatlán, San Marcos, Tecoaapa, Tlacoachistlahuaca y Xochistlahuaca, correspondientes a la Región Costa Chica, Guerrero, explorando en total 198 localidades. Para la estimación del rendimiento de grano de maíz en la parcela del agricultor, se utilizó el método cinco de oros (cinco muestreos), considerando los criterios descritos en el Cuadro 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar la información se registró variación entre poblaciones nativas, expresada como diversidad fenotípica e indicio de variantes genotípicas, y acorde a Gil *et al.* (2004) y Muñoz (2005) los maíces nativos han sido cultivados

y seleccionados por los agricultores en respuesta a la variación ambiental y usos del cultivo. Se detectaron diversos materiales de maíz entre los que destacan: híbridos de la empresa UNISEM (Eros y Ares), INIFAP (H507, H516, H563, H565 y el HV313) ASGROW (Nutria); PIONEER (P30F32w, P30F94, P30F96, P40F63, P4081w y P4082w); variedades de INIFAP (V234 y VS535) y poblaciones nativas del agricultor: raza Conejo (Sapita y Tecomache), Olotillo, Tepecintle (Toro, Grano de oro, Grande, Maizón), Vandeño (Dos puntas, Punta cuata, Palmeño y Tepango), y otros que no fue posible identificar su pertenencia racial (maíces blancos y criollos) (Figura 1). Estos resultados concuerdan con los reportados por Gil *et al.* (1995) y Romero y Muñoz (1996), quienes mencionan que los agricultores que cultivan maíces nativos en los nichos agroecológicos de México han desarrollado auténticos sistemas de

Cuadro 1. Criterios de estimación de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de grano de maíz (*Zea mays* L.) en parcelas de productores.

| | | |
|---------|---|--|
| PDC = | Peso total de mazorcas en campo | Se pesaron todas las mazorcas (sanas y podridas) de la parcela muestreada. |
| NMzS = | Número de mazorcas sanas | Se cuantificó y pesó el número de mazorcas sanas y se pesan (kg) |
| NMzP = | Número de mazorcas podridas | Se cuantificó y pesó el número de mazorcas podridas (kg) |
| P5Mz = | Peso de cinco mazorcas | En la parcela muestreada se tomó una muestra de cinco mazorcas y se pesó (g) |
| PDO = | Peso de olote | Se pesó (g) el olote de cinco mazorcas |
| PDGr = | Peso de grano | Se pesó (g) el grano de cinco mazorcas |
| FDD = | Factor de desgrane | Calculo de FDD = PDGr / P5Mz |
| %HGr = | Porcentaje de humedad de grano | El ajuste a 12% de humedad para almacenar y comercializar el grano |
| 100 = | Es una constante | Para determinar el 12% de humedad del grano |
| 88 = | Es una constante | Para determinar el 12% de humedad del grano |
| FDH = | Factor de humedad | Calculo de FDH = $(100 - \%DH) / 88$ |
| LS = | Longitud de surco | Se midió en metros lineales |
| DS = | Distancia entre surco | Se midió en metros lineales |
| NDS = | Número de surcos | En la parcela muestreada |
| AM = | Área muestreada | Calculo de AM = LS*DS*NDS |
| 10000 = | Es una constante | Superficie correspondiente a una hectárea |
| FCUS = | Factor de corrección por unidad de superficie | Calculo de FCUS = 10,000 / AM |
| NDPI = | Número de plantas | En la parcela muestreada |
| DDP = | Densidad de población | Calculo de DDP = NDPI * FCUS |
| RDGr = | Rendimiento grano $t\ ha^{-1}$ | Calculo de RDGr = PDC*FDD*FDH*FCUS |

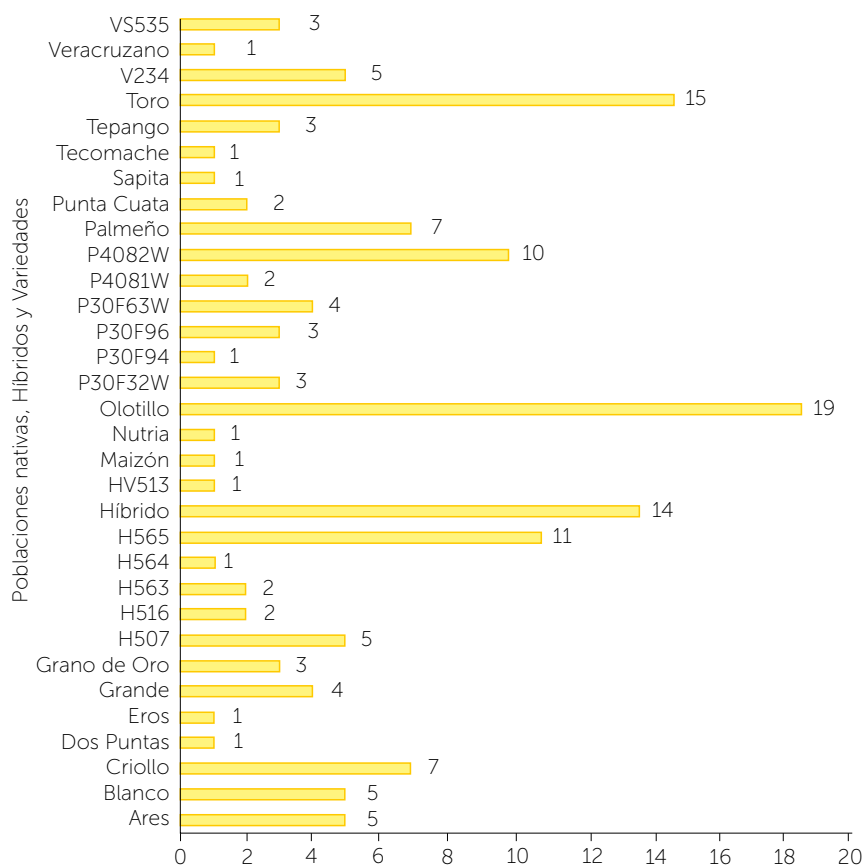


Figura 1. Material genético de *Zea mays* L., que se siembra en la Región Costa Chica, Guerrero, México.

variedades para enfrentar las diferentes condiciones adversas en las cuales desarrollan sus actividades productivas. En las parcelas muestreadas se detectaron variantes biológicas cuya procedencia fue: del agricultor, INIFAP y maíces distribuidos por seis empresas comerciales nacionales y transnacionales: 69 corresponden a poblaciones nativas, uno de ASGROW, 30 de INIFAP, 23 de PIONEER, seis de UNISEM y 15 materiales restantes no identificados (Figura 2 A).

Este resultado indica que en la Costa Chica se siembran en mayor grado las poblaciones nativas de maíz, seguido de híbridos nacionales y por último las de procedencia transnacional. En rendimiento promedio de grano en kg ha⁻¹, sobresalen los híbridos de PIONEER, seguidos de

UNISEM, INIFAP, poblaciones nativas del agricultor y ASGROW, (5077, 4803, 4321, 2745, 2676 y 2273 kg ha⁻¹), respectivamente (Figura 2 B). Cabe señalar que los híbridos de empresas transnacionales sobresalen en rendimiento de grano, debido a que estos materiales por lo general son sembrados en condiciones de suelos de mediano a alto potencial productivo, mientras que los híbridos nacionales de UNISEM (Ares y Eros), INIFAP (H507, H516, H563 y H565) compiten en rendimiento de grano con híbridos transnacionales cuando son sembrados en suelos de alto potencial productivo (Figura 3); en cambio, cuando los mismos híbridos son sembrados en suelos pobres disminuyen su potencial productivo y son superados por las poblaciones nativas del agricultor (Palemón, 2010; Palemón et al.,

2012b). Sin embargo, los híbridos y variedades nacionales al sembrarse en condiciones de suelos de bajo potencial productivo no expresan su máximo potencial pero se obtiene rendimiento de grano aceptable; en cambio, las poblaciones nativas de los agricultores prevalecen y expresan su potencial aun en condiciones de suelos de lomerío, ladera y tlacolol (Palemón, 2010). Por otra parte, los híbridos transnacionales al sembrarse en suelos de ladera disminuyen su rendimiento de grano y son superados por las poblaciones nativas de los agricultores (PNA) y ocurre lo contrario cuando las PNA son sembradas en suelos de alto potencial productivo (Palemón et al., 2012a). Las poblaciones nativas de la raza Olotillo, Tepecintle y Vandeño fueron las sobresalientes, y pueden utilizarse de inmediato como variedades ya que en otros estudios han mostrado potencial genético y características agronómicas deseables (Montenegro et al., 2002; Carrera y Cervantes, 2006).

Potencial genético de poblaciones nativas

Se identificaron poblaciones nativas del agricultor con aceptable potencial genético, cuyos rendimientos de grano promedio oscilaron entre 2504 a 4308 t ha⁻¹ (Figura 3). Las poblaciones nativas que prevalecen en la región y que expresan buen potencial productivo son de la raza Vandeño (dos puntas, grande, punta cuata, palmeño, tepango), Olotillo, Tepecintle (grano de oro, maizón, toro) y Conejo (sapita, tecomatzin), respectivamente. El rendimiento de grano del maíz es el principal componente, y afectado por el ambiente (Andrade et al., 1996; Borrás y Otegui, 2001). En la actualidad es importante que los cultivos mantengan su capacidad para rendir en

diferentes tipos de condiciones ambientales (Evans, 1993). En la región de estudio, se identificaron diversas poblaciones nativas de maíz (razas) que siembra el agricultor e incluso se observó que el mismo agricultor siembra en su parcela hasta cuatro variantes, dando lugar a entrecruzamientos entre ellos que aumenta la variación genética en cada ciclo. La variación es un continuo en la expresión de las diferentes características de los maíces nativos, atribuible principalmente a prácticas de selección empleadas por los agricultores (precocidad, porte de planta, producción de forraje, sanidad de planta y mazorca y componentes de rendimiento de grano), ya que ellos adaptan maíces para diversas condiciones ambientales prevalecientes en la región.

CONCLUSIONES

En las diversas condiciones agroecológicas de la zona de estudio, se siembran maíces híbridos, variedades y poblaciones nativas de maíz. Se detectaron maíces criollos con buen potencial genético. Los híbridos transnacionales presentan aceptable rendimiento de grano y son sembrados en menor escala por productores que practican agricultura empresarial. Los híbridos y variedades nacionales se siembran más que las transnacionales y menos que las poblaciones nativas.

LITERATURA CITADA

Andrade F., Cirilo A., Uhart S., Otegui M.E. 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. Buenos Aires, Argentina: Editorial La Barrosa y Dekalb Press. 292 Pp.

Borras L., Otegui M.E. 2001. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. *Crop Science*. 49:1816-1822.

Carrera V.J.A., Cervantes S.T. 2006. Respuesta a densidad de población de cruza de maíz tropical y subtropical adaptadas a Valles Altos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 29:331-338.

Evans L.T. 1993. *Crop Evolution, Adaptation and Yield*. Cambridge University Press. 500 p.

Gil M.A., Muñoz O.A., Carballo C.A., Trinidad S.A. 1995. El patrón varietal de maíz en la región sureste de la Sierra

Purépecha. I. Variables importantes empleadas en su definición. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 18:163-173.

Gil M.A., López P.A., Muñoz O.A., López S.H. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *In: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agrosistemas Tradicionales*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. 18-25 Pp.

Montenegro T.H., Rincón S.F., Ruiz T.N.A., De León C.H., Castañón N.G. 2002. Potencial genético y aptitud combinatoria de germoplasma de maíz tropical. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25:135-142.

Muñoz O.A. 2005. *Centli Maíz*. 2ª ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 211 p.

Palemón A.F. 2010. Estimación de parámetros genéticos en cruza intervarietales de maíz para la región semicálida de Guerrero.

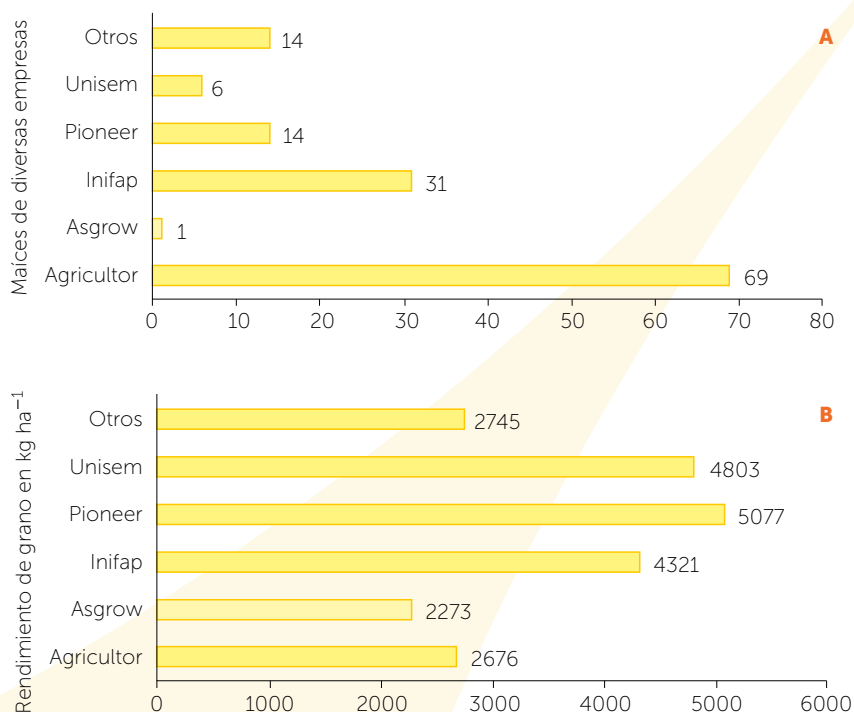


Figura 2. A: Proveedores de variedades de maíz (*Zea mays* L.) en la Región Costa Chica, Guerrero, México. B: Rendimiento promedio de maíces nativos, híbridos y variedades.

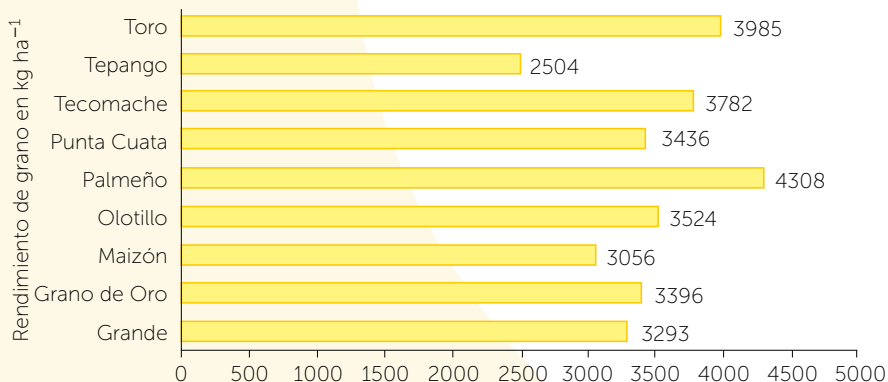


Figura 3. Rendimiento de grano de maíces nativos (*Zea mays* L.) en la Región Costa Chica, Guerrero, México.

- Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados. Montecillo estado de México. 105 p.
- Palemón A.F., Gómez M.N.O., Castillo G.F., Ramírez V.P., Molina G.J.D., Miranda C.S. 2012a. Estabilidad de cruza intervarietales de maíz (*Zea mays* L.) para la región semicálida de Guerrero. *Agrociencia*. 46(2):133-145.
- Palemón A.F., Gómez M.N.O., Castillo G.F., Ramírez V.P., Molina G.J.D., Miranda C.S. 2012b. Potencial productivo de cruza intervarietales de maíz para la región semicálida de Guerrero. *REMEXCA*. 3(1):157-171.
- Romero P.J., Muñoz O.A. 1996. Patrón varietal y selección de variedades de maíz para los sistemas agrícolas en la región de Tierra Caliente. *Agrociencia*. 30:63-73.



EVALUACIÓN DE CONDICIONES HIDRÁULICAS EN RED MAYOR, PARA CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS MICROHIDRÁULICAS, GENERADORAS DE ELECTRICIDAD

EVALUATION OF HYDRAULIC CONDITIONS IN THE MAJOR NETWORK FOR THE CONSTRUCTION OF MICROHYDRAULIC PLANTS WHICH GENERATE ELECTRICITY

**Tapia-Olivas, J.C.^{1,4*}; Campbell-Ramírez, H.E.¹; Román-Calleros J.A.²;
Gil Samaniego-Ramos M.³; Delgado-Rendón R.⁴; Hernández-Martínez. E.⁴**

¹Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, Campus Mexicali, B. C., C.P. 21800, ²Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California, Campus Ej. Nuevo León, B. C., C.P. 21705, ³Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, Campus Mexicali, B. C., C.P. 21800, ⁴Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Baja California, Campus Valle de las Palmas, B. C., C.P. 22260.

Autor responsable: juan.carlos.tapia.olivas@uabc.edu.mx

RESUMEN

Se analizó la viabilidad técnica y económica, de impulsar proyectos de construcción de plantas microhidráulicas, para generar electricidad, que podrían ser instaladas en estructuras hidráulicas que se usan para el control y operación de canales de la Red Mayor en un distrito de riego, y dado que estos sistemas cuando se localizan en valles agrícolas, utilizan grandes volúmenes de agua, distribuidos en extensas redes con caudales variables y cargas bajas, se propone una serie de métodos cortos y rápidos para seleccionar sitios factibles, que al evaluarse con la metodología RETScreen identifiquen alternativas para desarrollar proyectos ejecutivos, ahorrando recursos en planificación y toma de decisiones. Se estudió la red mayor de canales del Distrito de Riego 014, Río Colorado, en el Valle de Mexicali, México (470 km de longitud y distribución de 1,850 millones de m³ anuales), con 31 metros de diferencial de carga hidráulica, equivalente a generar 26 MW. Se utilizaron eficiencias de conversión de 70%, factores de planta de 0.7, capacidades instaladas mayores a 100 kW, costos menores a \$7,600 USD por kW instalado, y localización de la obra a distancias mayores a 6 km de fallas geológicas. El estudio reportó selección de dos sitios, en un canal para instalar 559 kW, para una generación de 3,918 MWh anuales, con una inversión de \$2.8 millones de USD, y costo promedio de \$5,211 USD kW⁻¹ instalado y \$0.0713 USD kWh⁻¹ producido. Se estiman ahorros en emisiones de 0.47 t de CO₂ MWh⁻¹ y periodo de Retorno de la inversión a 10 años.

Palabras Clave: Energía Renovable, Río Colorado, Hidroeléctricas.

ABSTRACT

The technical and economic viability of promoting construction projects for microhydraulic plants, to generate electricity, was analyzed, which could be installed in hydraulic structures that are used for the control and operation of canals of the Major Network in an irrigation district; and, given that these systems use large volumes of water when located in agricultural valleys, distributed in extensive networks with variable flows and low loads, a series of short and fast methods are proposed to select feasible sites, which when evaluated with the RETScreen methodology can identify alternatives for the development of executive projects, saving resources in planning and decision making. The Major Network of canals in Irrigation District 014, Río Colorado, in Valle de Mexicali, México (470 km long and distribution of 1,850 million m³ annually), was studied, with 31 meters of hydraulic load differential, equivalent to generating 26 MW. Conversion

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre. 2016. pp: 8-16.

Recibido: febrero, 2016. **Aceptado:** septiembre, 2016.

eficiencias of 70 % were used, plant factors of 0.7, capacities installed higher than 100 kW, costs under \$7,600 USD per kW installed, and localization of the construction sites at distances greater than 6 km from geological faults. The study reported the selection of two sites, in a canal used to install 559 kW, for a generation of 3,918 MWh annual, with an investment of \$2.8 million USD, and average cost of \$5,211 USD kW⁻¹ installed and \$0.0713 USD kWh⁻¹ produced. Savings of 0.47 t of CO₂ MWh⁻¹ in emissions are estimated and an investment return period of 10 years.

Keywords: Renewable Energy, Colorado River, Hydroelectric Plants.

INTRODUCCIÓN

En México, actualmente la capacidad hidroeléctrica instalada es de 11,544 MW, que equivale a 21.7% del total instalado (53,114 MW). Durante 2012, la generación de electricidad bruta con recursos hídricos fue de 31,317 GWh (12% del total nacional); ubicándose en el vigésimo lugar a nivel mundial (SENER, 2013 a). Actualmente la Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuenta con 94 unidades, con capacidad igual o menor a 30 MW, distribuidas en 42 centrales eléctricas; con una producción total de 286.6 MW, que generaron 2.4% de la generación hidroeléctrica (753 GWh) (SENER, 2013 b). De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en Baja California se cuenta con una capacidad eléctrica instalada de 2,667 MW; que otorga el servicio de electricidad a 3,155,070 habitantes, que están distribuidos sobre una superficie de 71,446 km². Esto es, 3.6% de la superficie nacional, con 2.8% de la población total, y 5% de la capacidad eléctrica instalada en México (INEGI, 2010). En Baja California, al ser un sistema eléctrico aislado de la red nacional, hay plantas que aprovechan los recursos renovables disponibles, como es el caso del campo geotérmico de Cerro Prieto, con 575 MW; el Parque Eólico ubicado en el poblado La Rumorosa, con 10 MW; más la instalación de 155 MW, que recientemente fueron puestos en operación, mediante impulsores eólicos, administrados por el sector privado (GEBC, 2013). Adicionalmente, el Parque de Celdas Solares, dentro de los terrenos del Campo Geotérmico del Cerro Prieto, con 5 MW, todas estas instalaciones generan 4,026 GWh al año (CEE, 2011; CFE, 2011; INEGI, 2013). En la ac-

tualidad, las plantas de energía renovable representan 27.6% de la capacidad total en el estado, que es 2,667 MW; el 72.4 % restante son principalmente, centrales de ciclo combinado (CCC) y centrales con turbinas de gas natural (CTGN) (USAID, 2011). El Distrito de Riego 014, Río Colorado (DR014RC) en Baja California se ubica en el municipio de Mexicali y se extiende hasta el municipio de San Luis Río Colorado, Sonora. Limita al Norte con los Estados Unidos de América, con los estados de California y Arizona. Los derechos de riego en este distrito, pertenecen a 13,805 usuarios agrícolas, y cubren una superficie de 207,965 hectáreas, ocupando la quinta posición en superficie sembrada a nivel nacional (CONAGUA, 2010). La disponibilidad de agua es de 2,750 millones de m³ anuales (2.23 millones de acrepie) que provienen del Río Colorado y del acuífero de los Valles de Mexicali y San Luis Río Colorado. Para su manejo, el distrito está dividido en tres unidades de riego, distribuidas en 22 módulos, que son supervisados por un organismo denominado "Sociedad de Responsabilidad Limitada" (S.R.L.) (SEFOA, 2009). En este trabajo se analiza la red mayor de canales, integrada por 470 km, distribuidos en tres canales principales, que son: a) Canal Independencia, b) Canal Reforma, y c) Canal Revolución. Adicionalmente el distrito de riego cuenta con 2,432 km de canales secundarios, que representan una infraestructura de 2,902 km para el uso de energía renovable, utilizando el sistema de abasto agua de la región. El objetivo del estudio fue evaluar la implementación de tecnología hidroeléctrica, para generar electricidad a pequeña escala, que puede ser utilizada para operar pozos de bombeo del acuífero, equipo de riego por aspersión agrícola, alumbrado público, e intercambio de energía eléctrica con la red de la CFE y para ello, se seleccionaron sitios con las mejores condiciones hidráulicas de viabilidad técnica y económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización y descripción técnica de los sitios aprovechables

El Canal Reforma, fue construido de 1971 a 1973, como parte de la rehabilitación del DR014RC, por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). Tiene un longitud de 101 km y abastece una superficie de riego de 147,000 ha. Los primeros 27 km tiene una plantilla de 18 m a 33 m, con tirantes de 2.6 m a 3.2 m, y taludes de 2:1, que permiten un caudal máximo de 150 m³ s⁻¹ (SRH, 1971). Las principales estructuras de control son el represo Matamoros (km 3+600), represo Galeana (km 14+400) y represo km 27+000 (Figura 1).

El Canal Independencia inició operaciones en 1973, tiene una longitud de 57 km y es alimentado por el Canal Reforma en las Bocatomas Norte y Sur; localizados 50 m aguas arriba del Represo Galeana. Este canal, en los primeros 27 km está revestido con carpeta asfáltica hasta el represo Benassini, después de ese punto está revestido de concreto hidráulico. Las funciones principales del Canal Independencia son abastecer a la ciudad de Mexicali, y el riego agrícola en una superficie de 35,000 ha. Su diseño hidráulico tiene las siguientes dimensiones: plantilla de 3.5 a 8 m, tirante máximo de 2.6 m y taludes de 2:1, que permiten conducir un caudal máximo de $40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (SRH, 1971). Las principales estructuras de control se ubican en los siguientes puntos: represo en el km 4+420, km 8+560, km 11+300, km 13+800, km 17+100, km 21+300 y el represo Benassini.



Figura 1. Estructura de control Canal Reforma km 27+000.

Criterios para la selección de sitios

La selección adecuada de un sitio para el desarrollo de microhidráulicas es muy importante, ya que una buena elección evitará mayores costos en la fase de puesta en marcha (Kumar y Katoch, 2014). Los criterios para la selección de sitios potenciales se han ponderado siguiendo la metodología de Pacheco y Contre-

ras (2008), que son evaluados en el rango de 1 a 10 (Cuadro 1), con el objetivo de obtener una puntuación global ponderada que permita elegir el mejor proyecto basado en criterios múltiples evaluación.

Ubicación de sitios preliminares

La generación de energía hidroeléctrica en el DR014RC a gran escala

Cuadro 1. Ponderación y criterios de calificación para la selección de sitios.

| No. | Criterio | Consideración | Ponderación | Criterio de puntuación | | |
|-----|-------------------------------------|--|-------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Viabilidad constructiva | Distribución del espacio disponible para su instalación | 10% | Fácil 10 a 8 | Regular 7 a 5 | Difícil 4 a 1 |
| 2 | Configuración y topografía adecuada | Disponibilidad del salto aprovechable y recurso hídrico en cada estructura de control para determinar la capacidad y el tipo de turbina a instalar | 20% | Buena 10 a 8 | Regular 7 a 5 | Mala 4 a 1 |
| 3 | Impacto ambiental a la zona | Modificación al entorno natural del sitio | 5% | Bajo 10 a 8 | Mediano 7 a 5 | Alto 4 a 1 |
| 4 | Vías de comunicación | Disponibilidad de caminos pavimentados para el transporte de recursos, a fin de optimizar los procesos de construcción | 5% | Carreteras 10 a 8 | Terracerías 7 a 5 | Brechas 4 a 1 |
| 5 | Capacidad de generación | Capacidad de generación de energía y su efecto sobre la rentabilidad del proyecto | 20% | 251 kW < Alta < 600 kW 10 a 8 | 100 kW < Mediana < 250 kW 7 a 5 | 40 kW < Baja < 99 kW 4 a 1 |
| 6 | Terrenos disponibles | Facilidad de adquisición de terrenos para la instalación de elementos adicionales de las microhidráulicas | 10% | 20 ha < Área < 40 ha 10 a 8 | 11 ha < Área < 20 ha 7 a 5 | 1 ha < Área < 10 ha 4 a 1 |
| 7 | Cercanía a fallas geológicas | Disponibilidad para la construcción con menos probabilidad de sorpresas geológicas | 30% | 11 km < Distancia < 30 km 10 a 8 | 6 km < Distancia < 10 km 7 a 5 | 5 km < Distancia < 0 km 4 a 1 |

no es posible, ya que se ubica en una región, donde la elevación máxima es de 43 msnm, en la estructura hidráulica, conocida como Derivadora Morelos, y una altura mínima de 7 msnm (INEGI, 2007). Estas características no permiten la construcción de presas; sin embargo, existe una extensa red de canales principales, dotados de estructuras de control, que operan con caudales considerables. Seis sitios fueron seleccionados (represo Matamoros, represo Galeana, represo km 27+000, Bocatoma Sur Canal Independencia, Canal Independencia Km 8+560 y represo Benassini); que cubren las condiciones establecidas, ya que garantizan el suministro de agua y se mantienen alejados de las principales fallas geológicas de la zona de estudio, según se muestra en la Figura 2.

Calculo de la potencia y generación de energía para los sitios preliminares

Para el cálculo de la potencia teórica y la energía generada, se aplicó un método corto de cálculo, utilizando la descripción técnica de los canales Reforma e Independencia. La ecuación 1 fue utilizada para la estimación de la potencia hidroeléctrica:

$$P=(Q)(H)(\gamma)(\eta)$$

Dónde: P =Potencia (kW); Q =Caudal ($m^3 s^{-1}$); H =Salto hidráulico disponible (m); γ =Peso específico del agua ($9.81 kN m^{-3}$); η =Eficiencia del generador de la turbina (90%).

En este método de cálculo, la variable crítica es la selección del caudal (Q), el cual se obtiene con la curva de duración del flujo, ya que es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos históricos, representando la magnitud y frecuencia para un caudal diario, semanal, mensual en los flujos de un sistema hidrológico. Su obtención es utilizando una curva de frecuencia acumulada que muestra el porcentaje en un tiempo específico de la ocurrencia de un caudal determinado, y combina en una sola curva las datos históricos aforados, sin tener en cuenta la secuencia de aparición (Creager y Justin, 1950; Searcy, 1959; Vogel y Fennessey, 1994). Varios autores han aplicado este procedimiento para los casos de hidroeléctricas (Gismella y Assad, 2011; Kannan y Jeong, 2011; Adhikary *et al.*, 2014). Con la potencia estimada, la producción de energía anual (kWh) fue calculada (ecuación 2), conside-

rando 8,760 h por año (t) y un factor de planta (fp) de 0.85, de acuerdo con el manual de Costos y Parámetros de Referencias (COPAR) para la formulación de proyectos de inversión del sector eléctrico de CFE (CFE, 2012):

$$E=(P)(t)(fp)$$

Dónde: E =Energía (kWh); t =Horas por año (h); fp =Factor de Planta (adimensional).

Para la determinación de los saltos hidráulicos se obtuvieron mapas topográficos de la región, procesando la información con el paquete de computo AutoCAD, versión 2012 (Graham, 2012), debido a que los planos existentes de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) no estuvieron disponibles en formato digital. Esto permitió evaluar las opciones en el área de estudio en lo que se refiere a la disponibilidad energética.

Evaluación de Sitios. Evaluación con RETScreen

RETScreen es un programa de análisis de factibilidad, para evaluar costos financieros, ambientales y beneficios que se generan al utilizar las diferentes tecnologías de energías renovables en cualquier lugar del mundo. Este software fue desarrollado por el Ministerio de Recursos Naturales de Canadá (Sinha y Chandel, 2014). Ayuda a

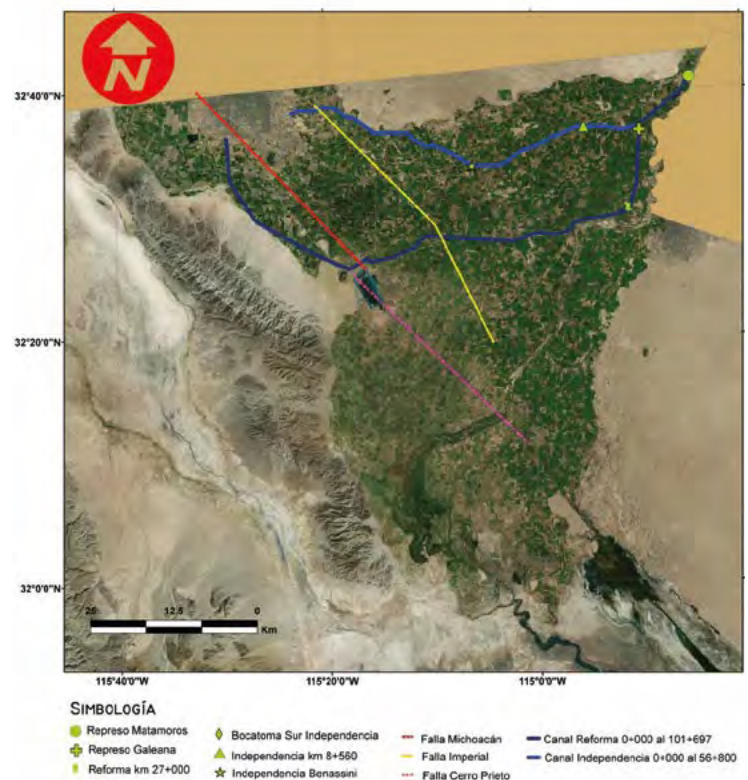


Figura 2. Sitios seleccionados para las micro hidráulicas en el DR014RC.

tomar decisiones en forma rápida y económica, a determinar la viabilidad técnica y financiera de los posibles proyectos de energía limpia. Los datos de entrada para los sitios propuestos fueron considerando turbinas hidráulicas, las cuales se analizaron bajo el esquema de central al pie de hilo con la hidrometría del DR014RC (datos hidrológicos), definida por este trabajo. El salto aprovechable se obtuvo de los mapas topográficos, desarrollados para cada sitio, y se proponen turbinas en flujo cruzado del fabricante Canyon-Hydro con pérdidas del 5% en hidráulica, 6% misceláneas y un generador con 97% de eficiencia. Para el análisis de emisiones se consideró la matriz de generación eléctrica, operativa para el estado de Baja California, trabajando en México con un factor de emisión de 0.510 tCO₂ MWh⁻¹ y pérdidas en la transmisión de energía eléctrica del 8%. Por último, para el análisis financiero se utilizó una tasa de inflación del 5% (BANXICO, 2014) para una vida útil del proyecto de 20 años, con una tasa de descuento del 12% anual (SHCP, 2014) para la inversión

total de cada central, las cuales obtendrán su ingreso económico al entregar la energía generada a la red eléctrica de CFE con un precio de venta de 115 USD MWh⁻¹, que es la tarifa para la operación de pozos profundos del acuífero de San Luis Río Colorado, que son utilizados para el abastecimiento de agua para el uso urbano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Canales Independencia y Reforma, abastecen de agua a usuarios agrícolas y urbanos todo el año, con caudales variables. Las láminas de riego asignadas a los cultivos son: trigo 0.89 m (*Triticum aestivum* L.), Algodón 1.12 m (*Gossypium hysutum* L.), Alfalfa 1.53 m (*Medicago sativa* L.) y hortalizas 1.35 m (INIFAP, 2008), siendo estos cultivos los más representativos en superficie sembrada, el volumen entregado es el siguiente: trigo 73.7 m³ s⁻¹, algodón 23.2 m³ s⁻¹, alfalfa 45.4 m³ s⁻¹ y hortalizas 40.4 m³ s⁻¹, llegándose a programar un caudal máximo de 182.72 m³ s⁻¹. El caudal mínimo operado en red mayor, durante el periodo

2009-2010 fue de 5 m³ s⁻¹, y máximo de 152 m³ s⁻¹ (Figura 3).

Problemas geológicos en el DR014RC, y estado actual de los canales Reforma e Independencia

El Canal Reforma, para el tramo comprendido entre el km 57+000, al km 65+100, durante el sismo del 4 abril 2010, con intensidad de 7.2 grados Richter, registró graves daños en su estructura, tales como ruptura de bordos y plantilla; sin embargo, en ese momento no fue posible evaluar el efecto de subsidencia, ya que no se contaba con información topográfica. De acuerdo a Dennis et al. (2011), en estudios realizados en 2010, para la reparación y rehabilitación de este canal, se detectó que las fallas Jalapa, Michoacán e Imperial, atraviesan de manera perpendicular el trazo del canal, por lo que es posible inferir sobre la existencia de un sistema de fallas menores, que están interconectadas, con dirección hacia el Ejido Saltillo, siendo ésta la razón principal por la que se descartaron los demás sitios, y se decidió trabajar solamente en

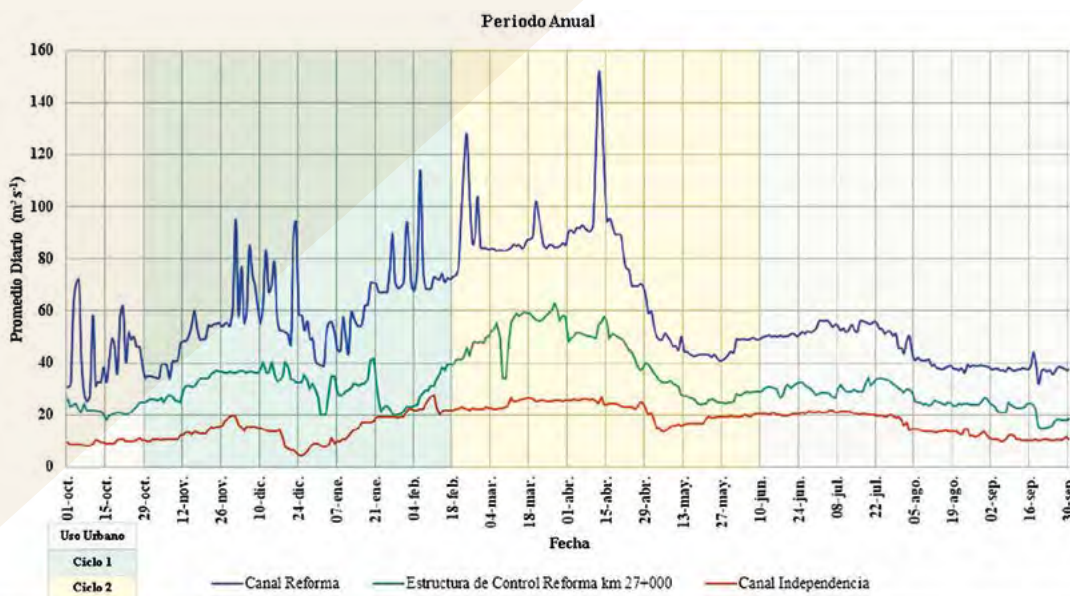


Figura 3. Entrega de agua por canal ciclo agrícola 2009-2010.

los primeros 27 km de los Canales Reforma e Independencia.

Evaluación de sitios con RETScreen

Al evaluar los sitios con RETScreen, se obtuvieron 895 kW de capacidad instalada, con una generación neta de 6,014 MWh año⁻¹, utilizando un factor de planta (fp) promedio de 0.73. Esto representa una contribución del 3.4% del potencial total ideal en el DR014RC (Cuadro 2).

Los valores obtenidos del fp en las microhidráulicas para los sitios seleccionados son aceptables y competitivos, en comparación con las tecnologías de generación eólica (fp=0.4) y solar (fp=0.25). Esto es debido a la ubicación geográfica de las estructuras de control, las cuales al estar en la red principal garantizan la disponibilidad del recurso hídrico, tanto para el riego de cultivos, como para la generación de energía. Los valores obtenidos fueron: 0.85 máximo para el Represo

Galeana, y 0.62 mínimo en el Bocatoma Sur Independencia. El costo típico de instalación para plantas microhidráulicas con capacidades de 100 kW a 30 MW, se estima entre \$1,700 y \$5,000 USD kW⁻¹, dependiendo de las condiciones del sitio, obtención de permisos y licencias (Muñoz *et al.*, 2012). El valor de referencia de COPAR para centrales menores a 8.6 MW es de \$3,159 USD kW⁻¹. Los costos de inversión de plantas en el DR014RC, se obtuvieron y distribuyeron (directos e indirectos) por conceptos para la puesta en marcha: Obra Civil (17.4%), Turbinas (30.1%), Generador (13.3%), Obra Eléctrica (4.7%), Obra Mecánica (6%), Transformador (3.5%) y Línea de Transmisión (25.1%). El costo para imprevistos fue de 20% del costo base del proyecto. El costo para la gestión de ingeniería y construcción fue de 15%, de la suma de los dos conceptos anteriores y se agregó 16% de impuestos. El Cuadro 3 muestra la inversión para cada sitio evaluado, con paridad del dólar al 2014 de \$13.50 pesos por dólar US.

El costo promedio de los seis sitios por kilowatt instalado en el DR014RC fue de \$7,918.00 USD kW⁻¹. El Represo Benassini presentó el costo de inversión máximo con \$11,715 USD kW⁻¹ y el Represo Km 27+000 el mínimo con \$4,428.00 USD kW⁻¹. Los costos obtenidos presentan valores similares o menores para los Represos Matamoros, Galeana y Bocatoma Sur Independencia, al costo obtenido en el Gila Gravity Main Canal Headworks hydropower station, ubicado en el lado Norteamericano en Imperial Irrigation District (IID), que fue \$7,632.00 USD kW⁻¹ para el año 2010, para un sitio con carga aprovechable de 0.90 m, caudal de diseño de 40 m³ s⁻¹ y potencia a instalar de 223 kW (USB, 2011). No obstante, el costo del represo Independencia Km 8+560, fue tres veces lo estimado con los indicadores de COPAR y 2.1 veces a lo reportado por Muñoz *et al.* (2012); por lo tanto, este represo y el Benassini se descartan bajo el criterio de costo por kilowatt instalado. La eva-

Cuadro 2. Análisis de RETScreen para sitios seleccionados.

| | Represo Matamoros | Represo Galeana | Represo km 27+000 | Independencia Bocatoma Sur | Independencia km 8+560 | Represo Benassini | Total |
|---|-------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|-----------|
| Caudal (m ³ s ⁻¹) | 35.75 | 35.75 | 19.95 | 8.61 | 8.61 | 8.61 | 19.55 |
| Salto (m) | 0.93 | 0.50 | 2.60 | 1.80 | 1.20 | 0.80 | 1.30 |
| Potencia (kW) | 214 | 119 | 345 | 103 | 69 | 46 | 895 |
| fp (Adimensional) | 0.84 | 0.85 | 0.78 | 0.62 | 0.65 | 0.65 | 0.73 |
| Energía Disponible (MWh año ⁻¹) | 1,569 | 881 | 2,349 | 562 | 392 | 262 | 6,014 |
| Reducción de GEI (tCO ₂ año ⁻¹) | 737 | 414 | 1,103 | 264 | 184 | 123 | 2,825 |
| Total costos iniciales (\$) | 1,282,737 | 847,107 | 1,527,764 | 781,349 | 736,178 | 538,911 | 5,714,044 |
| Amortización simple (año) | 8 | 10 | 6 | 16 | 24 | 32 | 16.03 |
| Flujo de efectivo positivo (año) | 6 | 8 | 5 | 12 | 18 | >20 | 9.84 |
| Después del impuesto TIR-RI (%) | 17 | 13 | 22 | 6 | 2 | -2 | 9.43 |
| C-B (relación) | 1.85 | 1.45 | 2.42 | 0.85 | 0.53 | 0.36 | 1.24 |
| Costo de producción de la energía (\$ kWh ⁻¹) | 0.07 | 0.09 | 0.06 | 0.13 | 0.17 | 0.20 | 0.1189 |

Cuadro 3. Costos de inversión para sitios seleccionados.

| | Represo Matamoros | Represo Galeana | Represo km 27+000 | Independencia Bocatoma Sur | Independencia km 8+560 | Represo Benassini |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| | Capacidad (kW) 214 | Capacidad (kW) 119 | Capacidad (kW) 345 | Capacidad (kW) 103 | Capacidad (kW) 69 | Capacidad (kW) 46 |
| Costos por concepto | (US \$) | (US \$) | (US \$) | (US \$) | (US \$) | (US \$) |
| Obra Civil | 147,706 | 96,224 | 198,171 | 86,315 | 65,702 | 49,882 |
| Turbinas | 258,711 | 166,845 | 348,186 | 148,676 | 112,532 | 84,963 |
| Generador | 110,555 | 73,715 | 147,243 | 67,111 | 51,725 | 39,741 |
| Obra Mecánica | 51,742 | 33,369 | 69,637 | 29,735 | 22,506 | 16,992 |
| Obra Eléctrica | 38,964 | 25,800 | 51,535 | 23,489 | 18,103 | 13,909 |
| Transformador | 21,132 | 18,224 | 24,603 | 17,773 | 16,813 | 16,164 |
| Línea de Transmisión | 172,500 | 115,000 | 115,000 | 115,000 | 172,500 | 115,000 |
| Total de Costos por Concepto= | 801,310 | 529,177 | 954,375 | 488,099 | 459,881 | 336,651 |
| Imprevistos (20%) | 160,262 | 105,835 | 190,875 | 97,620 | 91,976 | 67,330 |
| Subtotal Imprevistos= | 961,572 | 635,012 | 1,145,250 | 585,719 | 551,857 | 403,981 |
| Gestión de Ingeniería (15%)= | 144,236 | 95,252 | 171,788 | 87,858 | 82,779 | 60,597 |
| Subtotal Ingeniería= | 1,105,808 | 730,264 | 1,317,038 | 673,577 | 634,636 | 464,578 |
| Impuestos en México (16%) | 176,929 | 116,842 | 210,726 | 107,772 | 101,542 | 74,333 |
| Inversión Total del Proyecto= | 1,282,737 | 847,107 | 1,527,764 | 781,349 | 736,178 | 538,911 |
| Costo por kilowatt instalado (\$ kW ⁻¹)= | 5,994 | 7,119 | 4,428 | 7,586 | 10,669 | 11,715 |

luación con RETScreen permite seleccionar los sitios más convenientes, ya que se basa en parámetros como retorno de la inversión (ROI), relación costo beneficio (B-C), así como la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). De los resultados anteriores se observa que los Represos Matamoros, Galeana y km 27+000, presentaron valores de ROI mayores a la tasa de descuento de 12% y relaciones de B-C mayores a la unidad, lo que de acuerdo con criterios económicos, indican la aceptación de los proyectos, mientras que para el caso de Bocatoma Sur Independencia, Independencia km 8+560 y represo Benassini, son rechazados. El costo promedio de la energía producida en el DR014RC, por este tipo de central es de \$0.1189 USD kWh⁻¹. Con relación al impacto ambiental, de manera similar, los primeros tres sitios presentan mayor reducción de emisiones de GEI con 1,103 t CO₂

año⁻¹ para el Represo km 27+000, 737 t CO₂ año⁻¹ para el Represo Matamoros y 414 t CO₂ año⁻¹ para el Represo Galeana (Cuadro 2). La evaluación multicriterio con RETScreen, permite determinar cuáles sitios se implementan, debido a que las propuestas analizadas fueron examinadas utilizando parámetros técnicos, económicos y ambientales (Cuadro 4).

CONCLUSIONES

La selección de los caudales para la generación de energía hidroeléctrica en cada estructura de control se definió bajo el criterio de un volumen entregado el 95% del tiempo durante el año con el objetivo de asegurar la disponibilidad de agua. El caudal aprovechable para el Canal Independencia en sus represos Bocatoma Sur, km 8+560 y Benassini fue de 8.61 m³ s⁻¹, sin embargo en el análisis hidrométrico se detectó un mínimo 4.22 m³ s⁻¹ para el mes de diciembre. Para el caso del Canal Reforma en los represos Matamoros y Galeana su caudal aprovechable fue de 35.75 m³ s⁻¹ y el represo km 27+000 de 19.95 m³ s⁻¹. De las estructuras analizadas el represo Matamoros reunió las mejores condiciones de ponderación, sin embargo el represo km 27+000 presentó la mayor capacidad de generación y esto se debió a la topografía en este sitio genera un salto aprovechable de 2.6 m. En base a resultados de la evaluación multicriterio los sitios para su puesta en marcha son represo Matamoros con 8.8 puntos y represo km 27+000 con 7.9, se concluye que estas estructuras cumplen con la viabilidad técnica en los requisitos de instalación así como el menor costo de inversión por kilowatt instalado. Los proyectos aceptados requieren una inversión de 2.8 millones de dólares, con costo promedio de \$5,211 USD kW⁻¹, el retorno simple de la inversión y los flujos de efectivo positivos ocurren en 10 años o menos, reduciéndose

Cuadro 4. Evaluación multicriterio para sitios seleccionados.

| | Puntos obtenidos en Escala de 1 al 10 | | | | | | | TOTAL |
|----------------------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| | Criterio 1 | Criterio 2 | Criterio 3 | Criterio 4 | Criterio 5 | Criterio 6 | Criterio 7 | |
| Represo Matamoros | 3 | 9 | 10 | 8 | 9 | 10 | 10 | |
| Represo Galeana | 2 | 9 | 10 | 8 | 7 | 4 | 9 | |
| Reforma km 27+000 | 2 | 10 | 10 | 8 | 10 | 7 | 7 | |
| Bocatoma Sur Independencia | 2 | 7 | 10 | 8 | 7 | 3 | 8 | |
| Independencia km 8+560 | 2 | 8 | 10 | 7 | 4 | 7 | 5 | |
| Represo Benassini | 1 | 1 | 10 | 8 | 1 | 4 | 4 | |
| | Puntuación ponderada | | | | | | | TOTAL |
| Represo Matamoros | 0.3 | 1.8 | 0.5 | 0.4 | 1.8 | 1 | 3 | 8.8 |
| Represo Galeana | 0.2 | 1.8 | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 0.4 | 2.7 | 7.4 |
| Reforma km 27+000 | 0.2 | 2 | 0.5 | 0.4 | 2 | 0.7 | 2.1 | 7.9 |
| Bocatoma Sur Independencia | 0.2 | 1.4 | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 0.3 | 2.4 | 6.6 |
| Independencia km 8+560 | 0.2 | 1.6 | 0.5 | 0.35 | 0.8 | 0.7 | 1.5 | 5.65 |
| Represo Benassini | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 1.2 | 3 |

las emisiones de GEI en 1,840 t CO₂, representando un ahorro de 0.47 t CO₂ MWh⁻¹. Estos sitios presentan un costo promedio de generación en \$0.0774 USD kWh⁻¹, que es un valor aceptable comparado con la tarifa para operación de pozos profundos del acuífero de San Luis Río Colorado, que abastecen usuarios urbanos (\$0.115 USD kWh⁻¹).

Se sugiere para futuros proyectos, determinar el gasto de diseño, utilizando el procedimiento curva de frecuencia acumulada, que combina datos históricos aforados, sin considerar la secuencia de aparición; para la selección preliminar, analizar esquemas donde el parámetro de costos unitarios (\$ kW⁻¹) sea correlacionado con otros parámetros, para evitar en esta etapa el análisis detallado de inversiones, así como utilizar métodos de cálculo rápido, eficiencias de conversión del orden de 70%, factores de planta de 0.7, capacidades instaladas iguales o mayores a 100 kW, y costos por kW instalado iguales o menores a \$7,600 USD kW⁻¹, y para el parámetro de fallas geológicas distancias mayores a 6 km, o en su caso considerar el incremento en inversiones por diseños especiales.

LITERATURA CITADA

- Adhikary P., Roy P.K., Mazumdar A. 2014. Multi-Dimensional Feasibility Analysis of Small Hydropower Project in India: A Case Study. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 9. No. 1, January 2014. ISSN 1819-6608 (2014).
- BANXICO. 2014. Información Estadística sobre los indicadores de Inflación en México. Banco de México.
- CEE. 2011. Estadísticas Básicas 2011. Comisión Estatal de Energía de Baja California, Baja California.
- CFE. 2011. Proyecto Piloto de Generación Solar (Fotovoltaico) sitio Cerro Prieto, Baja California. Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoelectrónicos. Comisión Federal de Electricidad, Baja California.
- CFE. 2012. Costos y Parámetros de Referencia para la formulación de proyectos de inversión en el sector eléctrico. Edición 32. Comisión Federal de Electricidad, México.
- CONAGUA. 2010. Estadísticas del Agua en México 2010. Comisión Nacional del Agua, México.
- Creager W.P., Justin J.D. 1950. *Hydroelectric Handbook*, Second Edition. New York: Wiley.
- Dennis G.A., Burt C.M., Paredes V.M. 2011. Irrigation Engineering in Seismic Zones-Mexicali Valley, Mexico. USCID Sixth International Conference on Irrigation and Drainage.
- GEBC. 2013. Plan Estatal de Desarrollo para Baja California 2014-2019. Gobierno del Estado de Baja California.
- Gismella Y.B., Assad W.A. 2011. Selection and Optimization of Turbines for Juba Barrage Hydropower Plant (Southern Sudan). *Journal of Science and Technology*. ISSN 1605-427X.
- Graham R.L.H. 2012. *Mastering AutoCAD Civil 3D 2012*. Wiley Editorial.
- INEGI. 2007. Carta Topográfica I11-12, Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.
- INEGI. 2010. Anuario de estadísticas por entidad federativa 2010, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.
- INEGI. 2013. Proyecto Piloto Anuario Estadístico y Geográfico de Baja California 2013. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.
- INIFAP. 2008. Necesidades Hídricas de los Principales Cultivos en el Estado de Baja California. Folleto Técnico Número 13. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Kannan N., Jeong J. 2011. An Approach for Estimating Stream Health Using Flow Duration Curves and Indices of Hydrologic Alteration. EPA Region 6 Water Quality Protection Division.

- Kumar D., Katoch S.S. 2014. Harnessing 'water tower' into 'power tower': A small hydropower development study from an Indian prefecture in western Himalayas. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 39. July 2014. ISSN 1364-0321.
- Muñoz M.G., Quintero N.M., Sweedler A. 2012. Energy for Sustainable Border Region in 2030. The U.S.-Mexican border environment: Progress and Challenges for sustainability. SCERP Monograph Series, no. 16. San Diego State University Press. ISBN: 0-925613-53-3.
- Pacheco J.F., Contreras E. 2008. Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). ISSN 1680-6878.
- Searcy J.M. 1959. Flow-Duration Curves. Geological Survey Water-Supply Paper 1542-A. U. S. Department of the interior.
- SEFOA. 2009. Infraestructura Hidroagrícola. Secretaría de Fomento Agropecuario, Gobierno del Estado de Baja California (2009).
- SENER. 2013 a. Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, Secretaría de Energía, México.
- SENER. 2013 b. Prospectiva de las Energías Renovables 2013-2027, Secretaría de Energía, México.
- Sinha S., Chandel S. 2014. Review of software tools for hybrid renewable energy systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 32. April 2014. ISSN 1364-0321.
- SHCP. 2014. Metodología para la Evaluación de Proyectos de Construcción. Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México.
- SRH. 1971. Planos de Proyecto de Canales Reforma e Independencia. Secretaría de Recursos Hidráulicos de México.
- USAID. 2011. Perfil Energético 2010-2020 para Baja California: Propuesta y Análisis de Indicadores Energéticos para el Desarrollo de Prospectivas Estatales. El Colegio de la Frontera Norte y Universidad Autónoma de Baja California.
- USBR. 2011. Hydropower Resource Assessment at Existing Reclamation Facilities, March 2011. U. S. Department of the Interior Bureau of Reclamation.
- Vogel R.M., Fennessey N.M., 1994. Flow-Duration Curves. I: New Interpretation and Confidence Intervals. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 120, No. 4, July/August, 1994. ASCE, ISSN 0733-9496/94/0004-0485.



EFFECTOS DE LA NUTRICIÓN CON CALCIO Y BORO EN PLANTAS JÓVENES DE *Coffea arabica* L.

EFFECTS OF NUTRITION WITH CALCIUM AND BORON IN YOUNG *Coffea arabica* L. PLANTS

Albelo-Hernández, E.; Mármol-Loyola, E.

Yara México. Av. Américas 1545, Col. Providencia, Guadalajara, Jalisco. CP: 44630. México.

Autor de correspondencia: enrique.albelo@yara.com

RESUMEN

Se desarrolló un ensayo con plantas de café de 1-5 meses de edad en un vivero de Chicomuselo, Chiapas, México. Su objetivo fue evaluar el efecto del Calcio y Boro de una fuente de fertilizante comercial (YaraLiva Nitrabor) en plantaciones jóvenes de Café (*Coffea arabica* L. var. Costa Rica 95). Se utilizaron cuatro tratamientos con dosis diferentes de Calcio-Boro distribuidos en 3000 plantas por tratamiento bajo condiciones de Malla-sombra y con riego por aspersión. Los resultados mostraron que el tratamiento 50% YaraLiva Nitrabor+50% YaraMila Star desarrolló plantas más vigorosas y listas para trasplantarse con cinco meses de edad; mayor Sistema Radicular (5.9 cm^3); mayor Altura de la Planta (26.7 cm); mayor Número de Ramas secundarias (1.1 pares de ramas) y mayor Número de Hojas (10.87 pares de hojas), comparado con el resto de los tratamientos.

Palabras clave: cafeto, nutrimentos, vivero.

ABSTRACT

An assay was developed with 1-5 month old coffee plants in a nursery in Chicomuselo, Chiapas, México. Its objective was to evaluate the effect of Calcium and Boron from a commercial source of fertilizer (YaraLiva Nitrabor) in young coffee plantations (*Coffea arabica* L. var. Costa Rica 95). Four treatments with different Calcium-Boron doses were used, distributed in 3000 plants per treatment under conditions of mesh-shade and spray irrigation. The results showed that the treatment of 50% YaraLiva Nitrabor+50% YaraMila Star developed more vigorous plants which were ready to be transplanted at five months of age; larger Root System (5.9 cm^3); higher Plant Height (26.7 cm); higher Number of Secondary Branches (1.1 pairs of branches) and higher Number of Leaves (10.87 pairs of leaves), compared to the rest of the treatments.

Keywords: coffee tree, nutrients, nursery.



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre. 2016. pp: 17-20.

Recibido: octubre, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de café requieren una fuerte inversión inicial. Las labores de vivero, preparación del terreno, hoyado, acarreo y trasplante son costosas y pueden superar los \$52000 pesos mexicanos por hectáreas en algunas regiones de México. También es cierto que estas plantaciones con buen manejo y nutrición tienen una vida productiva mayor a veinte años, lo cual resulta interesante a los técnicos y productores que quieren producir más café. El sistema radical de la planta es un eslabón principal para alcanzar altos rendimientos y a la vez hacer sostenible la producción, cuando el cafeto tiene un sistema radical poco desarrollado presenta aborto y paloteo de grano, amarillamiento, sensibilidad al ataque de mancha de hierro y pérdida continua de hojas, lo cual es un indicador de desnutrición que no se corrige con re-cepa (poda de rejuvenecimiento) u otra labor de podas (Valencia-Aristizabal, IPNI comunicación personal). Autores como Mengel y Kirkby (2000); Rincón et. al. (2003) y Rodríguez (1992) le confieren al Calcio (Ca^{++}) una importancia relevante en la formación y desarrollo de la raíz, estos investigadores plantean que el Calcio permite mayor crecimiento radical, hojas jóvenes más fuertes, tallo y meristemas apicales más vigorosos y altura de la planta favorable. Estudios realizados por Alarcón (2001) y Ortiz (2006) expresan que el Boro (B) es otro elemento importante que puede influir en el crecimiento de la raíz, y disminuyen sustancias fenólicas que inhiben el crecimiento radical y por tanto el sistema será vigoroso, además, de que el Boro es necesario para el mantenimiento de las membranas externas de las células de la raíz y en su presencia se asimila mejor el fósforo, potasio y otros elementos, favoreciendo la relación vástago-raíz a causa del aumento de su volumen radical (Ortiz, 2006). De lo anterior se deduce que un buen sistema de raíces desde etapas tempranas en el cafeto, ayudará a la mayor asimilación de nutrientes, agua, mayor producción y sustentabilidad por hectárea. Con base en lo anterior, se evaluó

el efecto del Calcio y Boro en plantaciones jóvenes de Café (*Coffea arabica* L. var. Costa Rica 95).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el ejido Lázaro Cárdenas, Chicomuselo, Chiapas, México, bajo sistemas semi-controlados de luz y riego (Figura 1). Se utilizaron plantas de café de Var. Costa Rica en fase de "Peseta o Soldadito" hasta los cinco meses posteriores. Se diseñaron cuatro tratamientos de 3000 plantas cada uno, evaluando 15 plantas tomadas al azar como unidad experimental, e identificadas desde el inicio con banderillas de color blanco (Figura 2). Los tratamientos recibieron el mismo manejo y dosis de 13 g plantas de fertilizante pero con diferentes niveles de Calcio+Boro. Las bolsas se rellenaron con suelo local (sin análisis de suelo) sin aplicación de materia orgánica:

Tratamiento 1: 25% [15.4-0-0+25.6 (Ca)+0.3 (B)]+75% [21-17-03+4.0 (S)+0.4 (Mg)]. Costo: 0.118MXN/planta

Tratamiento 2: 50% [15.4-0-0+25.6 (Ca)+0.3 (B)]+50% [21-17-03+4.0 (S)+0.4 (Mg)] Costo: 0.1185MXN/planta

Tratamiento 3: 75% [15.4-0-0+25.6 (Ca)+0.3 (B)]+25% [21-17-03+4.0 (S)+0.4 (Mg)] Costo: 0.119MXN/planta

Tratamiento 4: 100% [21-17-03+4.0 (S)+0.4 (Mg)] Costo: 0.117MXN/planta

Se utilizó el fertilizante granulado YaraMila Star[®] [21-17-03+4.0 (S)+0.4 (Mg)] como fórmula frecuente aplicada en viveros y el fertilizante granulado YaraLiva Nitrabor[®] [15.4-0-0+25.6 (Ca)+0.3 (B)] como fuente soluble de Nitrato de Calcio y Boro.

Variables

Diámetro del tallo. Evaluado mensualmente con vernier en milímetros (mm).

Altura de la planta. Evaluado mensualmente con una cinta métrica en centímetros (cm).

Número de pares de hojas y pares de ramas laterales. Evaluado al quinto mes.



Figura 1. Vivero de *Coffea arabica* L. en Lázaro Cárdenas, Chicomuselo, Chiapas, México.

Volumen de raíz. Evaluado al quinto mes según principio de Arquímedes en cm^3 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostrados en el Cuadro 1 destacan que de forma general el Tratamiento 2 tuvo mejores resultados en varios indicadores importantes, este tratamiento tiene macros y micro elementos nutritivos donde el Calcio y el Boro están en cantidades similares a lo reportado por Rincón *et al.* (2003), quien observó que las raíces de plantas jóvenes de *Acacia* sp., respondían bien cuando se aplicaba Ca^{++} con relaciones superiores al fósforo hasta llegar a relaciones Ca:P de 10:1 donde disminuía el contenido de materia seca del sistema radicular.

El indicador "Diámetro del tallo" no se afectó ante los niveles de Calcio y Boro para los tratamientos 1, 2 y 3; sin embargo se encontró diferencia negativa para el tratamiento 4 (Figura 1), el cual es el único tratamiento que no recibió fertilización con Calcio y Boro. A su vez, todos los tratamientos tuvieron efectos positivos sobre el indicador "Altura de la planta" (Figura 2), con más de 200 mm como promedio, los tratamientos 2 y 3 fueron los que mejores resultados mostraron, al respecto Monroig (1999) y Quintero (2014) plantean que las plantas están listas para trasplantar cuando sobrepasan los 15.0 cm de altura, lo cual se consigue entre 6-8 meses de

vivero, en este ensayo se demostró que las plantas superaron los 20 mm a los cinco meses, significando un mes menos de gastos.

Otro indicador importante lo constituyó el Volumen de raíz (cm^3), el cual representa la capacidad de absorción de nutrientes y agua, más la posibilidad de anclaje que tendrá la planta al ser trasladada al campo. Al analizar el Cuadro 1 y la Figura 3 A, se observa que el tratamiento 2 mejoró significativamente el Volumen de raíz con promedio de 5.9 cm^3 . Este resultado traducido en fines productivos garantizará una planta más vigorosa, precoz.

El Número de pares de hojas y Ramas laterales fueron superiores en todos los tratamientos que contenían Calcio y Boro (Figura 3 B), el tratamiento 2 fue el que mejor respuesta tuvo con un promedio de 11 Pares de hojas por plantas y 1.1 Pares de ramas laterales (Cruces), en este caso el tratamiento cuatro mostró el resultado más bajo.

El Calcio y el Boro en niveles requeridos, influyen directamente en el buen crecimiento y desarrollo de la raíz (Alarcón, 2001; Gutiérrez, 2003 y Ortiz, 2006), sin embargo la mayoría de los programas de nutrición no incluyen estos nutrimentos para alcanzar mayores volúmenes de raíz por planta y por tanto el desarrollo de

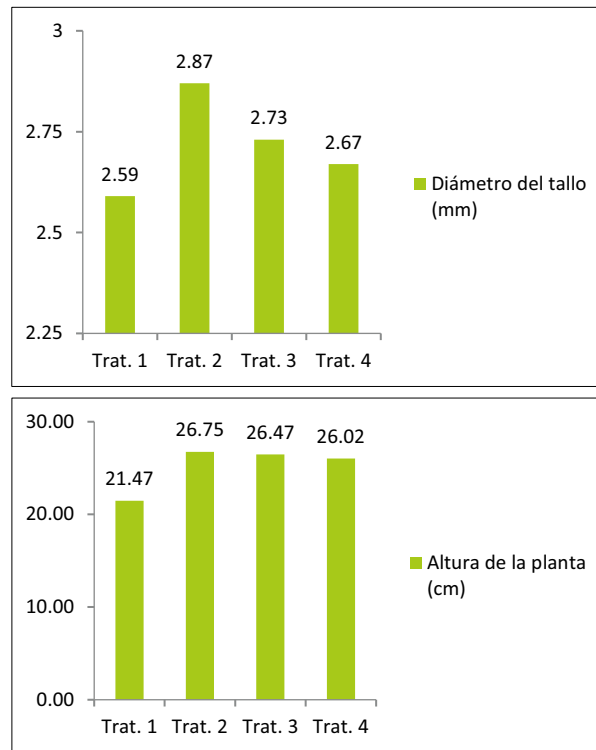


Figura 2. A-B: Diámetro del tallo y altura de plantas de *Coffea arabica* L., a los cinco meses de vivero.

Cuadro 1. Efecto de diferentes niveles de Nitrato de Calcio y Boro sobre indicadores fisiológicos de plantas de *Coffea arabica* var. Costa Rica 95.

| Indicadores (Quinto mes de vivero) | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 | Tratamiento 4 | Error Estándar |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| Diámetro del tallo (mm) | 4.37 ^{ab} | 4.41 ^a | 4.29 ^{ab} | 4.0 ^b | 0.13 |
| Altura de la planta (cm) | 21.47 ^b | 26.75 ^a | 26.47 ^a | 26.02 ^a | 1.08 |
| Número de hojas (Pares) | 10.13 ^{ab} | 11.07 ^a | 10.87 ^{ab} | 9.0 ^b | 0.66 |
| Ramas laterales (Pares) | 0.93 ^{ab} | 1.13 ^a | 0.93 ^{ab} | 0.36 ^b | 0.27 |
| Volumen de raíz (cm^3) | 1.60 ^b | 5.92 ^a | 1.24 ^b | 1.21 ^b | 0.45 |

Medias con letras no comunes en la misma fila difieren entre sí para $P < 0,05$ (Duncan).

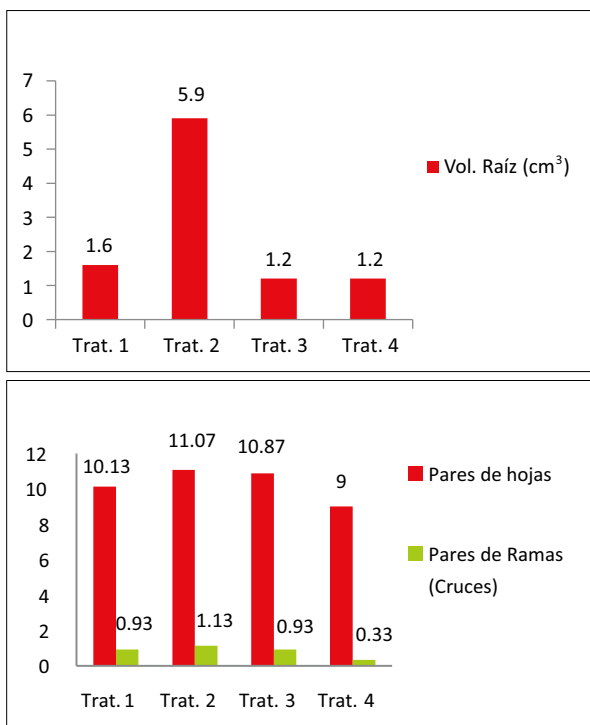


Figura 3. A-B: Volumen de raíz y pares de hojas y ramas de planta de *Coffea arabica* L., a cinco meses en vivero.

estas y su adaptación en el trasplante al campo no es el óptimo. La fertilización con Calcio y Boro es importante y está considerada en muchos estudios para lograr mayor desempeño productivo de la planta.

CONCLUSIONES

La aplicación de Nitrato de Calcio y Boro para plantas jóvenes de café mejoró el diámetro del tallo, altura, número de hojas, ramas laterales y volumen de raíz por planta. El tratamiento con 50% de aplicación

Calcio y Boro mostró mejores resultados que el resto de los tratamientos evaluados. El tratamiento testigo fue el de menor desarrollo de las plantas evaluadas.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo técnico, asociados y productores cafetaleros de la empresa Exportadora Café California S.A. de C.V., del poblado Lázaro Cárdenas, Chicomuselo, Chiapas por todo el apoyo brindado durante el desarrollo del estudio.

LITERATURA CITADA

Alarcón A.V. El Boro como nutriente esencial. En Línea: http://www.infoagro.com/hortalizas/boro_nutriente_esencial1.htm. Consultado: 26/05/2015.

Mengel K., Kirkby E. 2000. Principios de nutrición vegetal. Ed. Instituto Internacional del Potasio. 4ta. Ed y 1era en español. Suiza. 607 p.

Ortiz N. 2006. Efecto de la deficiencia en boro sobre el contenido de fenoles y poliaminas en plantas de tabaco cultivadas con nitrato. Dpto de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Experimentales. Sevilla, España.

Quintero H.R. 2014. Café, té y cacao. Trabajo de investigación documental e informe experimental. High Training Educational Institute. Venezuela.

Rincón J.G., Yessica L.M., Rojas Y. 2003. Efecto de la relación calcio: fósforo en el suelo sobre el crecimiento y nodulación de plantas jóvenes de *Acacia mangium* (Willd). BIOAGRO. Venezuela. Vol. 15(2) p.97-105.

Rodriguez S. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT Editor. Segunda reimpresión. México, D.F.

Valencia-Aristizabal G. Consultor Privado. International Plant Nutrition Institute. IPNI. En línea: [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/0ae8c9d4887c66dd05257a6a00759a32/\\$FILE/Fisiologiacafeto.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/0ae8c9d4887c66dd05257a6a00759a32/$FILE/Fisiologiacafeto.pdf). Consultado: 26/05/2015.



EL CULTIVO DE *Coffea arabica* L. POR PEQUEÑOS PRODUCTORES

CULTIVATION OF *Coffea arabica* L. BY SMALL-SCALE PRODUCERS

Apodaca-González C.¹; Juárez-Sánchez, J.P.^{1*}; Ramírez-Valverde, B.¹; Figueroa- Sterquel, R.²

¹Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla. C.P 7276. Puebla, Pue. ²Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile Av. Brasil 2950. Valparaíso-Chile.

***Autor responsable:** pjuarez@colpos.mx

RESUMEN


Se describe la tecnología de producción utilizada por productores de café de Coatepec, Veracruz, México en una muestra de 72 productores a quienes se les aplicó un cuestionario. Los resultados indicaron que los cafeticultores son de edad avanzada y baja escolaridad. Sus plantaciones se caracterizan por tener baja densidad de plantas ha⁻¹, escasa fertilización, control de plagas, reducida capacitación y asesoría técnica, lo cual fue indicativo de baja adopción de tecnología.

Palabras clave: Café, minifundistas, Coatepec, cafetaleros.

ABSTRACT

The production technology used by coffee producers in Coatepec, Veracruz, México, is described, from a sample of 72 producers to whom a questionnaire was applied. The results indicated that coffee producers are of an advanced age and low schooling. Their plantations are characterized by having low plant density ha⁻¹, scarce fertilization, pest control, reduced training and technical advice, which was indicative of low adoption of technology.

Keywords: coffee, smallholder, Coatepec, coffee producers.



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre, 2016. pp: 21-25.

Recibido: septiembre, 2014. **Aceptado:** septiembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

La política agropecuaria implantada en las últimas décadas, ha obligado a los países subdesarrollados a disminuir su gasto en programas de fomento a la producción agrícola, afectando su crecimiento (Calva, 2004). El atraso tecnológico en el sector cafetalero, se acentuó con la liquidación del Instituto Mexicano del Café (INMECAFE), como la institución encargada de la política cafetalera en México, y la ausencia de una política enfocada a la investigación y divulgación. Esto se reflejó en el descuido tecnológico de sus plantaciones y específicamente en la densidad de población, poda, fertilización, control de plagas (insectos, enfermedades, malezas) (Perea y Rivas, 2007). También en la escasa o nula renovación de los cafetos y el mejoramiento de variedades. Aunado a la falta de acceso al crédito y seguro agrícola y asistencia técnica proporcionada por el INMECAFE, impactaron en los rendimientos y su participación en un mercado global más competitivo (Mestries, 2003; Pérez, 2010). En este sentido, la producción de café tiene una importancia fundamental en el sector agrícola. En el ciclo 2011-2012, la superficie sembrada era de 761 mil hectáreas y empleaba a más de 500,000 productores distribuidos en 12 estados y 391 municipios (SAGARPA, 2012). La Organización Internacional del Café (OIC, 2014), menciona que México ocupa el noveno lugar a escala mundial en producción de café arábica (*Coffea arabica* L.). El estado de Veracruz, de acuerdo al SIAP (2012), concentraba 26% de la superficie nacional de café con 146,517.00 hectáreas de arábica y se ubicaba en segundo lugar a escala nacional en el año 2012. El 63.8% de la superficie municipal de Coatepec, Veracruz, México, se destina a la agricultura y se cultiva principalmente caña de azúcar (*Saccharum* spp.), maíz (*Zea mays* L.), café (*Coffea arabica* L.), mango (*Mangifera indica* L.), papaya (*Carica papaya* L.) y naranja dulce (*Citrus sinensis*). En el

ciclo 2013, el municipio tenía 8,485 hectáreas sembradas con café, con una producción de 16,478 toneladas y rendimiento de 1.9 t ha⁻¹ (SIAP, 2013). Coatepec, es uno de los principales municipios dedicados al cultivo del café en el centro de Veracruz, por volumen de producción y número de productores. El municipio posee una Población Económicamente Activa (PEA) de 37,594 personas, el 9.4% labora en el sector primario, el 25.3% el secundario y el 65% en el terciario; la importancia de la PEA en el sector terciario se debe a que es un municipio turístico que pertenece al programa de Pueblos Mágicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación documental y de campo, con aplicación de cuestionarios a productores encargados de las unidades producción de café, cubriendo



Figura 1. Plantaciones y paisaje cafetalero en el municipio de Coatepec, Veracruz, México.

aspectos técnicos, sociales y económicos. Se aplicó un muestreo cualitativo (confiabilidad de 95%); el marco de muestreo se basó en la lista de productores beneficiados (2,522) por el programa de Fomento al Café de Coatepec, Veracruz. El tamaño de la muestra fue de 72 productores y fueron seleccionados aleatoriamente en localidades agrícolas dedicadas al cultivo de café del municipio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de los agricultores y de la unidad de producción familiar

En el municipio de Coatepec, se identificó que las personas dedicadas a la cafecultura son adultos (64 años en promedio), con bajos niveles de escolaridad y practican una agricultura de corte minifundista, y la escolaridad promedio registrada de 5.5 años. En este sentido, Reyes *et al.* (2012) mencionan que más de 90% de la población en ejidos y comunidades tienen escolaridad promedio inferior a secundaria. Las personas del municipio de estudio que trabajan en la cafecultura son fundamentalmente hombres (73.6%), estos resultados son similares (71.2%) a los que presenta la Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café (AME-CAFÉ, 2013). La unidad de producción familiar es de corte minifundista, en promedio tiene 2.3 ha, divididas en un predio (83.3% de los productores) bajo condiciones de temporal, y este promedio es estadísticamente ($t=4.072$; $p=.01$) mayor al promedio de la superficie nacional (1.37 ha) de 2010 (SAGARPA, 2011). El tipo de propiedad predominante es ejidal (77.8%) y los cafecultores siembran fundamentalmente la variedad Bourbon (37.2%) y en menor porcentaje Caturra y Bourbon (23.3%), y Mundo Novo (16.3%). El 47.2% de los entrevistados intercala el café con otros cultivos, y de este valor, 73.6% de los cafecultores señalaron tener árboles de plátano (*Musa paradisiaca*), y árboles para sombra del género *Inga jinicuil*, (jinicuil), también tienen plantados cítricos y en menor medida nombraron al chalahuite (*Inga chalahuite*) y *Quercus* sp. (encinos).



Figura 2. Plantas de café variedad Bourbon y Mundo Novo (A). Siembra de la planta en los predios (B). Especies utilizadas como sombra: *Inga* sp. (A), *Persea americana* M. (B) y *Musa paradisiaca* (C).

Preparación del terreno y plantación

Los agricultores realizan el trazado del terreno con el método cuadrangular y la plantación la efectúan manualmente. La densidad promedio es de 1,300 plantas ha^{-1} y edad promedio de plantación de 50 años. La baja densidad y edad de las plantas, causa bajos rendimientos. Se registró que los terrenos con pendiente fuerte y muy fuerte presentan densidad de población inferior a 1,250 plantas ha^{-1} . Se considera necesario renovar los cafetales para obtener mayores rendimientos en sus fincas. La mayor parte de los productores realizan la limpieza o deshierbe del terreno con azadón y/o machete (97.2%).

Mantenimiento, control de plagas y enfermedades

La poda se recomienda a una altura de 1.20 hasta 2.50 cm para facilitar la cosecha y debe realizarse después de esta, para que las plantas se recuperen para la siguiente floración. En Coatepec, la poda es una práctica común que realizan todos los cafecultores, fundamentalmente de rejuvenecimiento. Esto es normal, ya que sus plantas son viejas, lo que dificulta obtener mayores rendimientos. El 69.4% de los entrevistados fertilizó con productos químicos de manera manual. En cuanto al control fitosanitario, la mayoría señaló tener problemas de plagas y enfermedades dentro sus fincas, y 73.3% mencionó hacer control principalmente de la broca del café (*Hypothenemus hampei* F.) mediante el trapeo, un método alternativo al uso de agroquímicos, eficiente en su captura que se realiza como campaña fitosanitaria nacional. El 15.3% de los entrevistados controló enfermedades en los

cafetales, principalmente, la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.).

La cosecha en el municipio se realiza del mes de noviembre a febrero y en algunos casos se extiende a marzo de forma manual, principalmente por los integrantes de las familias con el objetivo de obtener ingresos y en algunos casos reducir costos. El rendimiento promedio en el municipio fue de 2,231 kg ha⁻¹, el cual fue superior al promedio nacional (1.9 t), y similar estadísticamente ($t = -0.666$; $p = 0.508$) al logrado en el estado de Veracruz (2,300 kg ha⁻¹) registrados en el 2011.

Los productores consideran que tiene bajos rendimientos y no llegan a solventar sus necesidades básicas, debido al alto costo de los insumos y al bajo precio que se vende el café en cereza. La mayor parte de los cafecultores siguen conservando técnicas de producción tradicionales (Rueda *et al.*, 2009).

Valor agregado y apoyos gubernamentales a la producción de café

El 98.6% de los entrevistados mencionó que trabajan en el campo y vende su café en cereza a las personas que llegan a la comunidad (intermediarios), y no proporcionan valor agregado (47.2%) por no tener el dinero ni el equipo para realizarlo, datos que coinciden con Ramírez y Juárez (2008). La falta de servicios institucionales es otro problema al que se enfrentan los productores de Coatepec; por ejemplo, 75% de los entrevistados no recibió asistencia técnica en los últimos cinco años, y el caso es más crítico se refleja en el crédito y seguro agrícola, más del 90% mencionó no haber tenido estos servicios. Estos problemas concuerdan con los que se presentan en los principales estados productores del país ante la crisis internacional



Figura 3. Mantenimiento del plátano utilizado como sombra del cafetal (A) y fertilización a suelo (B) en Coatepec, Veracruz, México.

(Pérez y Echánove, 2006; Mestries, 2006; López y Pérez, 2013). Es de suma importancia mencionar que el 45.8% de los cafecultores requieren asistencia técnica, principalmente, en aspectos fitosanitarios y fertilizantes. Robles (2011) señala que los bajos ingresos de los cafecultores no les permite realizar mejoras para aumentar sus rendimientos; esta situación hace que los entrevistados (54.2%) consideren que es una actividad no rentable; y 38.9% considera que el cultivo de café es mal negocio o muy mal negocio.

CONCLUSIONES

La actividad principal de los pequeños productores en el área de estudio, continúa siendo el cultivo de café, debido a que es una actividad que gusta a los productores y a que consideran difícil que puedan emplearse en otro trabajo, por su avanzada edad. Existe una baja adopción de tecnología, y se refleja en que poco más de la mitad de los productores

de la zona de estudio, continúa siendo el cultivo de café, debido a que es una actividad que gusta a los productores y a que consideran difícil que puedan emplearse en otro trabajo, por su avanzada edad. Existe una baja adopción de tecnología, y se refleja en que poco más de la mitad de los productores



Figura 4. A: Cosecha del café, principalmente por mujeres. B: fruto maduro de café variedad Bourbon.

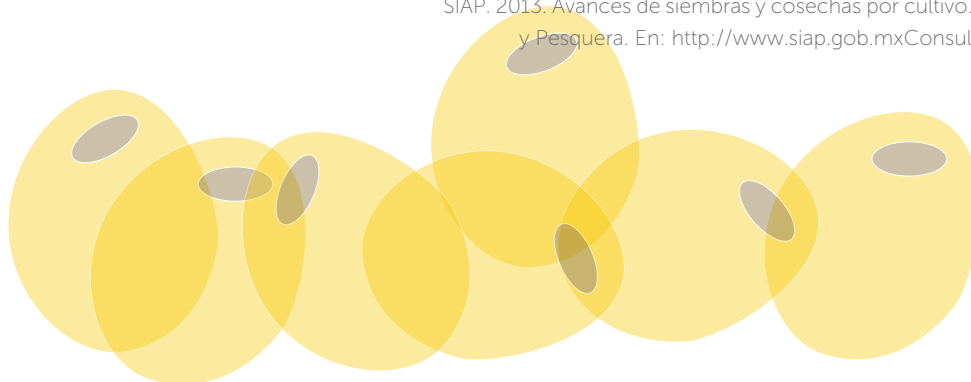
fertilizó, podó y controló las plagas, sin embargo, el cultivo es en baja densidad de plantas. Se considera que la adopción de tecnología está relacionada con los bajos precios del café y ello repercute en bajos rendimientos y en escasa o nula rentabilidad económica. Lo mismo sucede con el beneficio del café y ello implica la dependencia de los productores hacia los intermediarios. La política agrícola aplicada hacia los productores de café es insuficiente, ya que más del 70% de los cafeticultores mencionó no tener asesoría, ni seguro agrícola. La mayoría de los productores consideran que la cafeticultura ya no es rentable debido a los bajos precios. La pequeña cafeticultura podría estarse descapitalizando y requiere de políticas estatales y federales que apoyen su producción con servicios institucionales para tener niveles competitivos. Se considera que el fomento de la pluri actividad agrícola y de actividades juega un papel importante para dar solución a los problemas que enfrentan actualmente los cafeticultores.

AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo económico brindado por la Línea Prioritaria de Investigación 4 del Colegio de Postgraduados: Agronegocios, Agroecoturismo, y Arquitectura de Paisaje, para la realización de esta investigación, dentro del Proyecto "Evaluación de la política turística en la zona cafetalera de Coatepec, Veracruz".

LITERATURA CITADA

- AMECAFÉ. 2013. Indicadores del café mexicano, en *Nuestro café*. Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café A.C. Marzo-Abril 2003, pp. 13-20.
- Calva J.L. 2004. Ajuste estructural y TLCAN: efectos en la agricultura mexicana y reflexiones sobre el ALCA en *El Cotidiano*. Vol. 19. No. 124. pp. 14-22.
- López A., Pérez P. 2013. La producción cafetalera en el Estado de Guerrero: crisis y opciones en la región cafetalera de Atoyac de Álvarez. En Pérez, P., González, A.A. (coord.) *Del sabor a café y sus nuevas invenciones. Escenarios cafetaleros de México y América Latina*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Acatlán. pp. 369- 394.
- Mestries F. 2006. "Entre la Migración internacional y la diversificación de cultivos. Los pequeños productores de café en Veracruz" en *Sociológica*, Núm. 60, Enero-Abril 2006, pp. 75-107.
- Mestries F. 2003. "Crisis cafetalera y migración internacional en Veracruz". *Migraciones Internacionales*. Vol.2, Núm. 2, pp. 121-148.
- OIC. 2014. Organización Internacional del Café. Informe Mensual sobre el mercado del café. Disponible en: <http://www.ico.org>
- Perea J., Rivas L.A. 2007. "Estrategias competitivas para los productores cafetaleros de la región de Córdoba, Veracruz, frente al mercado mundial" en *Contaduría y Administración*. Núm. 224, Enero-Abril 2008, pp. 9-33.
- Pérez P. 2010. "Los espacios cafetaleros alternativos en México en los primeros años del siglo XXI" en *Investigaciones Geográficas*. Núm. 72, pp. 82-100.
- Pérez P., Echánove F. 2006. Cadenas globales y café en México en *Cuadernos Geográficos*. Vol. 38, pp.69-86.
- Ramírez B., Juárez J.P. 2008. Opciones económicas y productivas de reestructuración de las unidades indígenas de producción de café ante la crisis agrícola: estudio en la Sierra Nororiental de Puebla, México en *Perspectivas Sociales*, Vol. 10 Núm. 2, pp. 115-138.
- Reyes J.A., Gómez J.P., Muis R.O., Zavala R., Ríos G.A., Villalobos. O. 2012. Atlas de Propiedad Social y Servicios Ambientales en México. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Cooperación Técnica Registro Agrario Nacional - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. México. 157 pp.
- Robles H.M. 2011. Los productores de café: problemática y ejercicio del presupuesto. Mexican Rural Development Research Reports. Reporte 14. 62 p.
- Rueda M., Pérez N., Rojo G.E., Martínez R., Ramírez B., Juárez J.P. 2009. Diagnósticos socioeconómicos de los cafeticultores de la Sierra Nororiental de Puebla. En Martínez, R., Reyna, A. y Ramírez, B. (Coord.) *Diagnóstico Social Comunitario*. Universidad Autónoma Indígena de México. pp. 377- 396.
- SAGARPA. 2011. Plan de innovación en la cafeticultura en México. SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 165 p.
- SAGARPA. 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Boletín Informativo. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Caf%C3%A9.pdf>. Consultado el 05 de Enero 2013.
- SIAP. 2012. Cultivos de interés. Café cereza. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=79 Consultado el 12 junio 2013
- SIAP. 2013. Avances de siembras y cosechas por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En: <http://www.siap.gob.mx> Consultado el 26 de Agosto 2013.



RELACIONES HÍDRICAS EN EXPLANTES FOLIARES DE *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner

HYDRAULIC RELATIONS IN PLANT EXPLANTS OF *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner

Gálvez-López, A. L.¹, Iracheta-Donjuan, L.², Medina-Ovando, I.¹, Aguirre-Medina, J.F.^{3*}

¹Universidad Autónoma de Chiapas. Centro de Biociencias. Carretera Puerto Madero Km 2; Tapachula, Chiapas. C.P. 30700. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Laboratorio de Biotecnología. Campo Experimental Rosario Izapa, Km 18 Carretera Tapachula-Cacaohatán. Tuxtla Chico, Chiapas. C.P. 30870. ³Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas. Entronque carretera costera y Estación Huehuetán. CP 30660.

*Autor para correspondencia: juanf56@prodigy.net.mx

RESUMEN

El café robusta (*Coffea canephora*) ha incrementado su demanda para elaboración de café soluble por contener entre 2-3% más de cafeína. Se han identificado genotipos con mayor rendimiento y se busca su reproducción masiva por medio de embriogénesis somática e identificar su respuesta fisiológica a diferentes desinfectantes mediante la determinación de la capacidad de ajuste osmótico. Se desarrolló un estudio para determinar el grado de ajuste osmótico de explantes foliares de café robusta en el establecimiento aséptico *in vitro*. Se utilizaron explantes foliares de los genotipos de *C. canephora*: INIFAP 95-8, 95-9, 97-10, 97-15, 97-18 y 97-20, desinfectados con NaClO (0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 y 4.0 %), y Ca(ClO)₂ (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 %), así como, la combinación de ambos. Se determinó el potencial hídrico, osmótico, turgencia, y concentración de iones Cl⁻, Na⁺ y Ca⁺⁺. Los resultados indicaron que los genotipos presentan diferente capacidad de tolerancia a los desinfectantes solos o combinados y en su respuesta a la acumulación de sustancias osmóticamente activas, sobresaliendo INIFAP 95-9 y 97-20 con ajuste osmótico por acumulación de Cl⁻, Na⁺ y Ca⁺⁺, mientras que al combinar NaClO y Ca(ClO)₂, el genotipo INIFAP 95-8, disminuyó el ajuste osmótico al incrementar la concentración de los desinfectantes.

Palabras clave: Café robusta, desinfectantes, concentración de iones Cl⁻, Na⁺ y Ca⁺⁺.

ABSTRACT

The demand for Robusta coffee (*Coffea canephora*) has increased, for the elaboration of soluble coffee, because it contains 2-3% more caffeine. Genotypes with higher yield have been identified and their massive reproduction is sought through somatic embryogenesis and by identifying their physiological response to different disinfectants through the determination of the capacity for osmotic adjustment. A study was developed to determine the degree of osmotic adjustment of foliar explants of Robusta coffee in the aseptic *in vitro* establishment. Foliar explants were used of the following genotypes of *C. canephora*: INIFAP 95-8, 95-9, 97-10, 97-15, 97-18 and 97-20, disinfected with NaClO (0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 and 4.0 %), and Ca(ClO)₂ (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10 %), as well as the combination of both. The hydric, osmotic potential, turgidity, and concentration of Cl⁻, Na⁺ and Ca⁺⁺ ions was determined. The results indicated that the genotypes present different capacity of tolerance to disinfectants alone or combined, and in their response to the accumulation of osmotically active substances, with INIFAP 95-9 and 97-20 standing out, with an osmotic adjustment from accumulation of Cl⁻, Na⁺ and Ca⁺⁺, while when combining NaClO and Ca(ClO)₂, the INIFAP 95-8 genotype showed the osmotic adjustment.

Keywords: Robusta coffee, disinfectants, concentration of Cl⁻, Na⁺ and Ca⁺⁺ ions.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre. 2016. pp: 26-31.

Recibido: julio, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo de importancia económica en más de 50 países en el mundo y existen cerca de 100 especies, de las cuales *Coffea arabica* L. y *C. canephora* (Pierre) ex Froehner son las más comerciales (Etienne, 2006). México es un productor por excelencia de *Coffea arabica* L. y las áreas cafetaleras se ubican generalmente en las regiones tropicales y subtropicales con clima cálido húmedo. En la actualidad existe una fuerte demanda por *C. canephora* (Pierre) ex Froehner o café "Robusta", que se ha estudiado en los últimos años debido a que contiene de 2% a 3% más cafeína y lo demanda la industria nacional que elabora café soluble. En México no se satisface la demanda de esta especie (CNOOC, 2010). *C. canephora* es alógama y esta condición dificulta la reproducción a gran escala de los genotipos mejorados mediante los métodos tradicionales. La embriogénesis somática es un procedimiento que admite la reproducción masiva de las especies y durante el mismo, es posible evaluar los materiales de interés con el fin de identificar atributos morfológicos y fisiológicos para mejorar su reproducción. En este caso, es relevante evaluar la tolerancia a sequía, mediante sus relaciones hídricas con base en su capacidad de ajuste osmótico, que consiste en la acumulación activa de solutos en respuesta a un déficit hídrico y la disminución del potencial hídrico celular. La osmoregulación, favorece su crecimiento durante y después del estrés hídrico y es relevante en el éxito del establecimiento aséptico y la inducción y multiplicación del callo embriogénico. Por lo anterior, se evaluó el grado de ajuste osmótico de los explantes foliares durante la fase de establecimiento aséptico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon explantes foliares provenientes de hojas jóvenes de cinco meses de edad de genotipos élite de *C. canephora* (Pierre) ex Froehner, provenientes del programa de mejoramiento genético del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Rosario Izapa, Chiapas, que fueron seleccionados por expresar alto rendimiento durante varios años de producción. Se recolectaron explantes de hojas jóvenes de los genotipos INIFAP 95-8, 95-9, 97-10, 97-15, 97-18 y 97-20. Se desinfectaron en concentraciones de NaClO al 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 y 4.0 %, de Ca(ClO)₂ al 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 % y en la combinación de ambos desinfectantes. Posteriormente se enjuagaron con agua destilada y se secaron con papel absorbente. Se obtuvieron discos de la lámina foliar de un milímetro de espe-

sor y cinco de diámetro con la ayuda de un perforador manual y se colocaron en cámaras psicrométricas (Wescor®, modelo C-52, USA) conectadas a un microvoltímetro (Wescor®, HT-33T, USA), de acuerdo a Chandler y Thorpe (1987). Posteriormente el tejido se congeló por 24 horas para evaluar el potencial osmótico (Ψ_{π}). En las mismas cámaras se registró el Ψ_w en bares con base a la ecuación de regresión, obtenida mediante la calibración de las cámaras con diferentes soluciones de NaCl. El potencial de turgencia (Ψ_p) se calculó al despejar la variable Ψ_p de la fórmula $\Psi_w = \Psi_{\pi} + \Psi_p$. Cada tratamiento contó con tres repeticiones. Se llevó a cabo el análisis químico de las hojas después de ser tratadas con cada uno de los tratamientos de desinfección para determinar los iones, como porcentaje de Cl⁻, de Ca⁺⁺ y concentración de Na⁺ expresada en mg kg⁻¹. La determinación de Cl⁻, fue por el método colorimétrico del Tiocianato de Mercurio (Iwahashi et al., 1982) y la determinación del Ca⁺⁺ y Na⁺ por Absorción Atómica (Walinga et al., 1995) (PerkinElmer® AS 3100 USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relaciones hídricas y contenido de iones

Los potenciales, hídrico, osmótico y de turgencia de cada uno de los genotipos al ser sometidos a las diferentes concentraciones y tipos de desinfectantes se presentan en el Cuadro 1 y las concentraciones de Cl⁻, Na⁺ y Ca⁺⁺ en la Figura 1. En general, los genotipos presentaron la capacidad de ajustarse osmóticamente en al menos uno de los tratamientos de desinfección con respecto a la concentración más baja de desinfectante, aunque en algunos, en mayor o menor grado de ajuste. Al aplicar las diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio, en los genotipos INIFAP 95-9 y 97-20 se presentó el mayor grado de ajuste osmótico con la concentración mayor del desinfectante. Los valores encontrados de potencial osmótico fueron -29.7 y -69.6 bares, respectivamente para ambos genotipos. Estos genotipos presentan una dosis letal media relativamente alta, por lo cual se consideran tolerantes a concentraciones altas de hipoclorito de sodio (López-Gómez et al., 2011). En relación al contenido de iones en estos genotipos se observó que la de Cl⁻ se mantuvo constante a medida que aumentó la concentración del desinfectante NaClO. Para el genotipo INIFAP 95-9 la acumulación activa de solutos se atribuyó al Ca⁺⁺, al observarse aumento en la concentración de este ion a medida que aumentó la concentración de NaClO; esta relación no fue observada para el Na⁺ en el mismo genotipo. Al respecto, Aguirre-Medina et al. (1999) mencionan que algunas especies presentan

Cuadro 1. Potencial hídrico, Osmótico y de Turgencia (Bares) de explantes foliares de genotipos de *Coffea canephora* P. var. Robusta después de desinfectarlos con NaClO, Ca(ClO)₂ y la combinación de ambos desinfectantes a diferentes concentraciones.

| Ψ | Desinfectante | % | Genotipos | | | | | |
|----------------|----------------------------|----------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | 95-8 | 95-9 | 97-10 | 97-15 | 97-18 | 97-20 |
| Ψ _w | NaClO | 0.3 | -8.99±2.3 [†] | -10.35±1.6 | -6.65±1.2 | -6.77±2.2 | -8.13±1.5 | -11.96±1.7 |
| | | 1.25 | -6.28 ±2.6 | -7.14±0.3 | -11.59±3.4 | -6.77±0.5 | -9.98±2.0 | -11.71±1.6 |
| | | 2.25 | -10.23±3.5 | -10.11±2.9 | -11.84±3.5 | -9.74±1.1 | -11.59±1.6 | -10.48±1.9 |
| | | 3.25 | -7.63±1.5 | -8.99±0.3 | -12.95±5.4 | -8.13±2.1 | -9.61±2.7 | -11.34±1.8 |
| | Ca(ClO) ₂ | 3.5 | -7.63±0.4 | -9.61±4.9 | -10.35±1.3 | -10.35±5.2 | -11.22±3.5 | -10.97±1.2 |
| | | 5.5 | -7.39±0.5 | -8.50±4.4 | -13.44±1.2 | -9.36±5.0 | -7.14±0.7 | -10.35±0.8 |
| | | 7.5 | -10.35±2.8 | -10.11±5.1 | -12.58±1.2 | -6.28±3.6 | -8.01±0.5 | -14.18±4.7 |
| | | 9.5 | -9.24±0.9 | -11.47±6.4 | -10.85±1.6 | -8.6 2±4.7 | -9.98±3.0 | -10.60±0.8 |
| | NaClO+Ca(ClO) ₂ | 0.3+3.5 | -9.12±1.1 | -7.76±1.3 | -8.50±0.6 | -10.85±1.6 | -7.14±1.0 | -12.7±10.6 |
| | | 1.25+5.5 | -8.01±1.5 | -11.22±3.8 | -8.75±0.4 | -11.22±1.6 | -7.26±1.2 | -8.87±6.2 |
| | | 2.25+7.5 | -8.50±1.7 | -9.88±1.4 | -13.20±4.2 | -9.24±1.7 | -9.61±2.6 | -11.09±8.3 |
| | | 3.25+9.5 | -9.61±1.6 | -14.55±1.7 | -8.62±0.7 | -6.40±1.2 | -11.59±1.5 | -10.48±9.9 |
| Ψ _π | NaClO | 0.3 | -17.24±2.4 | -16.49±1.3 | -17.83±1.5 | -18.35±8.4 | -49.83±8.0 | -44.30±6.2 |
| | | 1.25 | -12.32±2.8 | -15.78±1.8 | -21.9±10.5 | -11.28±1.8 | -68.2±45.0 | -32.9±12.5 |
| | | 2.25 | -15.13±2.7 | -21.04±3.8 | -17.15±1.6 | -20.58±6.3 | -38.0±15.6 | -44.7±17.5 |
| | | 3.25 | -16.4±1.0 | -29.72±6.2 | -19.83±2.8 | -17.81±3.3 | -52.3±13.3 | -69.6±27.3 |
| | Ca(ClO) ₂ | 3.5 | -13.26±1.5 | -18.49±1.9 | -17.24±2.9 | -19.50±1.3 | -35.81±5.2 | -28.8±15.1 |
| | | 5.5 | -19.09±1.4 | -15.98±0.8 | -20.98±6.8 | -24.84±5.9 | -37.2±14.9 | -31.20±8.4 |
| | | 7.5 | -27.15±9.3 | -17.12±1.2 | -20.08±7.1 | -19.64±3.2 | -44.7±34.5 | -37.04±6.2 |
| | | 9.5 | -20.94±7.8 | -18.88±4.6 | -19.86±7.1 | -18.28±2.2 | -34.3±13.1 | -41.2±11.4 |
| | NaClO+Ca(ClO) ₂ | 0.3+3.5 | -21.96±7.0 | -20.20±3.1 | -15.17±3.9 | -22.21±2.6 | -64.1±41.8 | -64.2±35.1 |
| | | 1.25+5.5 | -30.30±8.0 | -15.90±1.6 | -23.16±4.9 | -42.5±11.8 | -59.0±44.7 | -48.8±22.9 |
| | | 2.25+7.5 | -40.94±37.6 | -33.0±15.4 | -36.0±16.7 | -24.41±1.8 | -56.5±13.7 | -50.6±15.2 |
| | | 3.25+9.5 | -116.8±2.3 | -16.63±2.7 | -27.71±4.4 | -18.75±3.7 | -111.7±9.4 | -75.6±45.2 |
| Ψ _p | NaClO | 0.3 | 8.24±1.8 | 6.13±1.4 | 11.18±0.2 | 11.57±5.6 | 41.70±4.5 | 32.33±5.9 |
| | | 1.25 | 6.04±0.4 | 8.63±1.8 | 10.34±5.1 | 4.50±2.2 | 58.28±3.1 | 21.2±12.1 |
| | | 2.25 | 4.90±0.0 | 10.93±2.6 | 5.31±2.5 | 10.84±5.9 | 26.43±0.7 | 34.3±16.4 |
| | | 3.25 | 8.76±2.5 | 20.72±7.3 | 6.38±5.6 | 9.67±0.8 | 42.73±6.6 | 58.3±11.7 |
| | Ca(ClO) ₂ | 3.5 | 5.62±1.0 | 8.78±0.6 | 6.88±2.1 | 9.14±2.0 | 24.59±4.0 | 17.9±12.6 |
| | | 5.5 | 11.70±1.8 | 7.47±0.1 | 7.53±6.0 | 15.47±1.5 | 30.10±4.5 | 20.85±6.4 |
| | | 7.5 | 16.80±4.8 | 7.01±1.9 | 7.50±5.7 | 13.36±2.1 | 36.7±32.4 | 22.86±1.4 |
| | | 9.5 | 11.69±5.0 | 7.41±6.0 | 9.00±2.9 | 9.65±2.4 | 24.3±10.0 | 30.61±0.5 |
| | NaClO+Ca(ClO) ₂ | 0.3+3.5 | 12.83±0.2 | 12.43±1.9 | 6.67±3.9 | 11.36±1.3 | 57.0±43.0 | 51.5±30.4 |
| | | 1.25+5.5 | 22.29±2.2 | 4.68±3.4 | 14.41±2.5 | 31.31±0.0 | 51.7±36.4 | 40.0±20.8 |
| | | 2.25+7.5 | 32.43±28.7 | 23.03±12.7 | 22.8±17.4 | 15.16±2.9 | 46.8±15.3 | 39.5±15.0 |
| | | 3.25+9.5 | 107.27±1.2 | 2.07±1.1 | 19.08±1.5 | 12.35±2.0 | 100.1±7.8 | 65.2±60.8 |

[†] Error estándar promedio de tres repeticiones por tratamiento.

la capacidad de acumular sustancias durante un estado de estrés hídrico, las cuales son constituyentes normales de las células.

En el genotipo INIFAP 97-20, la acumulación activa de solutos se atribuyó al Na⁺. En este caso se presentó au-

mento en la concentración de dicho ion en proporción a la concentración de NaClO. El comportamiento anterior sugiere que la tolerancia de este genotipo al NaClO puede relacionarse con la toma del ion presente en la solución desinfectante para crecer en esta condición de estrés. El genotipo INIFAP 97-10 no presentó variaciones

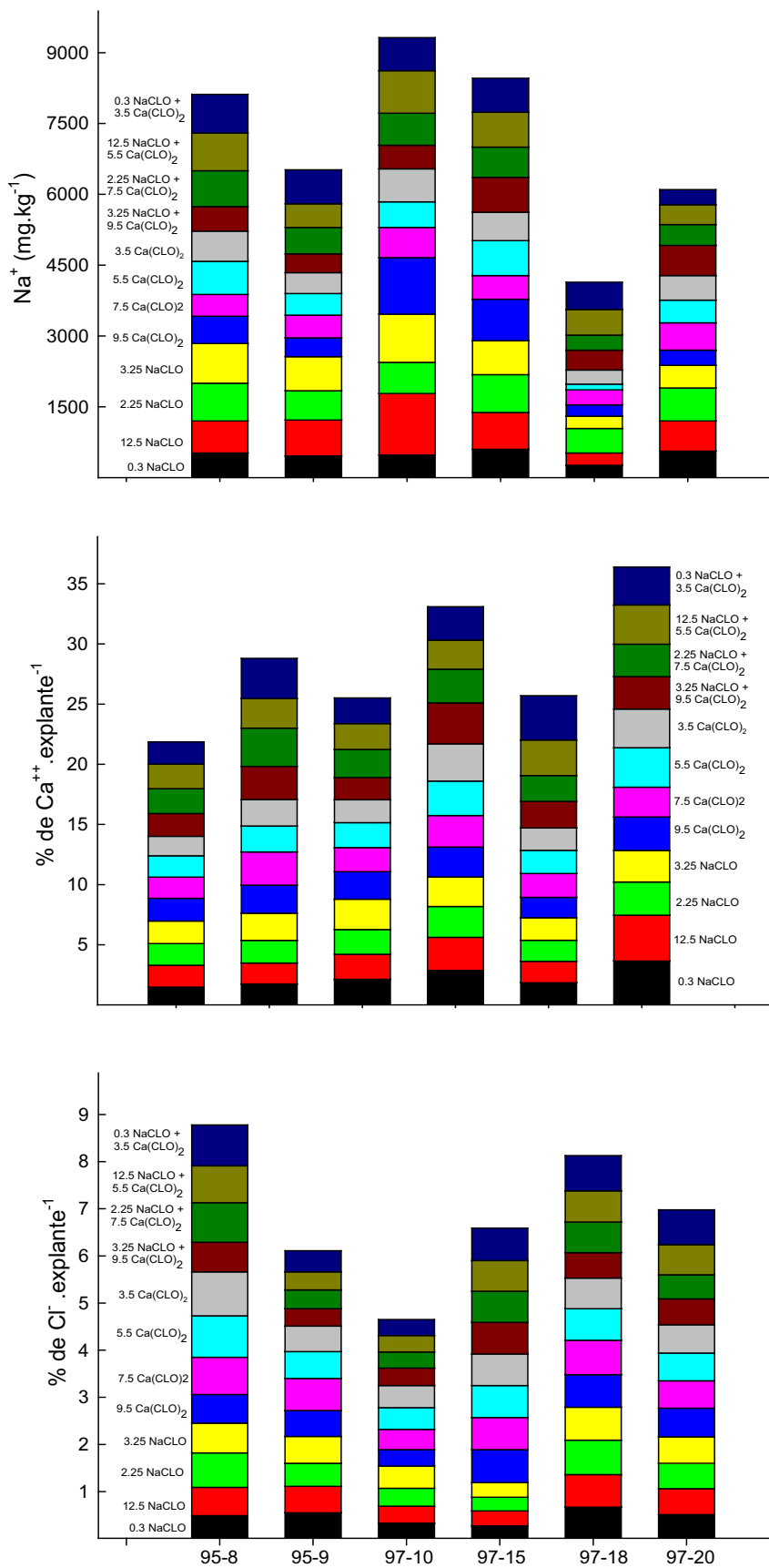


Figura 1. Porcentaje de iones Cl⁻, Ca⁺⁺ y mg kg⁻¹ de Na⁺ en explantes foliares de *Coffea canephora* P. después de ser desinfectados con NaClO, Ca(ClO)₂ solos y combinados.

ascendentes en relación con el incremento de la concentración de NaClO aplicado, en cambio con el genotipo INIFAP 97-18, la acumulación fue alta, independientemente de la concentración aplicada. No se presentó tendencia clara en cuanto a la concentración de Cl⁻, Na⁺ y Ca⁺⁺ que indique acumulación de estos iones en relación al aumento de la concentración de NaClO. En el resto de los genotipos (INIFAP 95-8 y 97-15) la mayor turgencia y acumulación de solutos se presentó a concentraciones de 0.3% y 2.25 % de NaClO respectivamente, si bien ambos genotipos presentaron tendencia a aumentar la concentración de solutos (iones Cl⁻, Na⁺ y Ca⁺⁺) conforme se elevó la concentración de desinfectantes, tales valores no indicaron claridad en el ajuste osmótico. Lo anterior coincide con lo registrado en estudios de dosis letal media de desinfectantes (López-Gómez *et al.*, 2011), ya que los genotipos, a excepción del INIFAP 97-10, se consideran como sensibles a moderadamente sensibles al hipoclorito de sodio. Al respecto, Parra *et al.* (1999) mencionan que uno de los procesos fisiológicos más sensibles al estrés hídrico es el crecimiento celular que induce a la senescencia (oxidación) prematura causado por la reducción de la turgencia celular, el cierre estomático y el aumento de la concentración de ácido abscísico. Al someter los genotipos a las diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio Ca(ClO)₂ se pudo observar que la turgencia celular se mantuvo con valores positivos en todos los genotipos, e incluso en algunos de ellos aumentó. Tal comportamiento lo presentó el genotipo INIFAP 97-20, en el cual, al aumentar la concentración de Ca(ClO)₂ se incrementó el potencial de turgencia. Es probable que esta capacidad no esté asociada a la acumulación de iones, tales como el Cl⁻, Na⁺ y Ca⁺⁺, más bien, a la síntesis de sustancias como ácidos orgánicos, aminoácidos y azúcares (Wang y Stutte, 1992; Wang *et*

al., 1995), o bien, por modificaciones en la elasticidad de la pared celular (Silva-Robledo *et al.*, 2007). En los genotipos INIFAP 95-8, 97-15 y 97-18 a medida que aumentó el potencial de turgencia, el potencial osmótico disminuyó. Sin embargo, en el genotipo INIFAP 97-15 el mantenimiento del potencial de turgencia no fue debido a la disminución del potencial osmótico al no expresarse ajuste osmótico definido. En este mismo genotipo, se observó aumento en la concentración de Ca^{++} , con relación a la concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, sin embargo, la falta de tolerancia a este desinfectante no indujo ajuste osmótico por la acumulación del mismo. A diferencia del genotipo INIFAP 97-15, en las variedades INIFAP 95-8 y 97-18, la capacidad de ajuste osmótico por acumulación activa de solutos se presentó con la aplicación de la concentración promedio de 7.5% de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ y cuando se aplicó 9.5% se observa un ligero descenso del mismo. Lo anterior sugiere que el ajuste osmótico observado en estos genotipos está relacionado con la absorción y acumulación activa del Ca^{++} (Figura 2).

En el caso del genotipo INIFAP 97-10 no se observaron diferencias entre los valores de los potenciales hídricos, osmótico y de turgencia por efecto de las diferentes concentraciones de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, esto pudo atribuirse a que es altamente tolerante al desinfectante (López-Gómez *et al.*, 2010). Esta misma tolerancia fue observada al determinar la concentración de iones, al permitir incluso, disminuir la concentración del Ca^{++} a medida que se aumenta la concentración de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Lo anterior implica que este último genotipo presenta un mecanismo diferente de tolerancia

a este desinfectante en comparación al resto de los genotipos. De acuerdo a Ludlow (1989), la capacidad de modificar morfológica como fisiológicamente las estructuras celulares para disminuir los efectos del estrés,

dependerán de la tolerancia de los tejidos al déficit hídrico. La combinación de NaClO y $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ no tuvo efecto diferencial en cuanto a los valores del potencial hídrico en la mayoría de los genotipos, sin embargo, el genotipo INIFAP 95-8, registró tendencia a disminuir el ajuste osmótico a medida que se aumentó la concentración de los desinfectantes. Asimismo, aumentó la acumulación de Na^+ y Ca^{++} proporcionalmente a la concentración de NaClO y $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. En el caso de INIFAP 97-10 y 97-15, no se presentó ajuste osmótico. La acumulación activa de solutos se registró sólo a bajas concentraciones de ambos desinfectantes [no mayores a 2.25 % NaClO +7.5 % $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ y 1.25 % NaClO +5.5 % $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ respectivamente]. En general la concentración de Na^+ y Ca^{++} , fluctuó con respecto a la concentración de NaClO y $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, sin mostrar una tendencia clara de aumento o disminución. En las variantes INIFAP 97-18 y 97-20 esta capacidad de ajuste osmótico se observó con altas concentraciones de la combinación de hipoclorito de sodio y calcio (mayores a 3.25 % NaClO +9.5 % $\text{Ca}(\text{ClO})_2$), y sus relaciones hídricas tuvieron cierta relación con la concentración de Na^+ y Ca^{++} , es decir, la mayor concentración se registró con las altas concentraciones de ambos desinfectantes. En

cambio en INIFAP 95-9 no se expresó con claridad el ajuste osmótico por la acumulación activa de solutos.

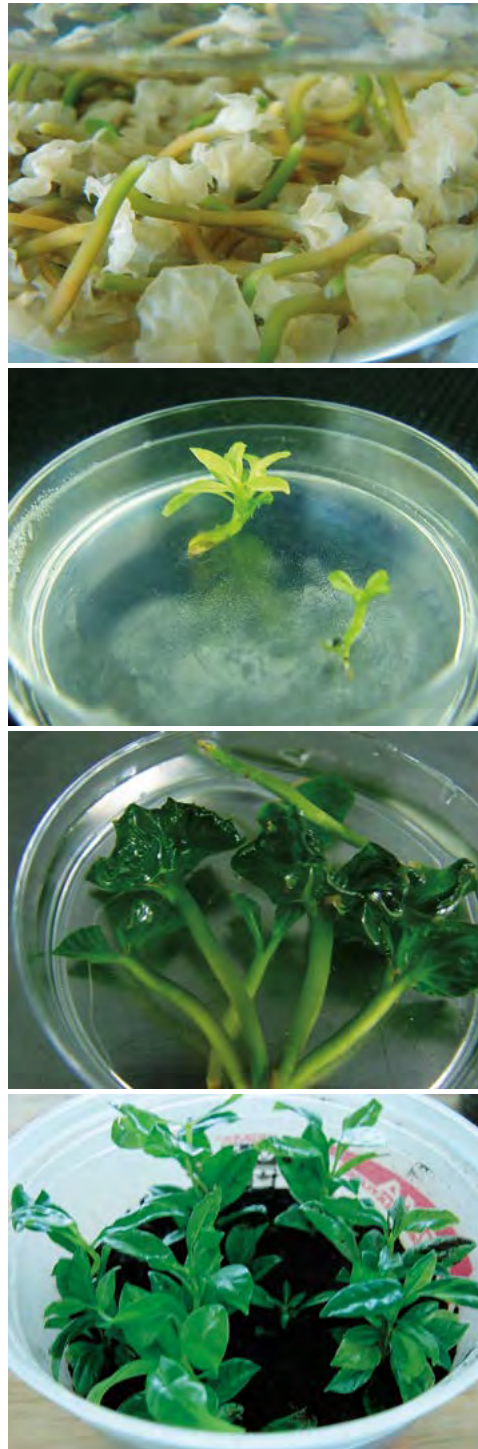


Figura 2. Explantes y plántulas de *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner.

La tendencia de aumentar la concentración de Na^+ , no fue suficiente para el mantenimiento de la turgencia celular a altas concentraciones de ambos desinfectantes. Entre los genotipos se presentó respuesta diferencial a la capacidad de ajuste osmótico al ser sometidos a determinados tipos de desinfectantes. A la vez, la desinfección de los explantes es un proceso que puede dañar a los tejidos (oxidación), mediante la inducción de estrés hídrico como resultado de la solución desinfectante. La respuesta diferente entre algunos genotipos a los desinfectantes puede estar asociada a cambios en la elasticidad de la pared celular (Silva-Robledo et al., 2007) y no necesariamente a una acumulación de solutos osmóticamente activos.

CONCLUSIONES

Existe diferente capacidad de tolerancia de los genotipos de café robusta a los desinfectantes solos o combinados y en su respuesta a la acumulación de sustancias osmóticamente activas. Los genotipos INIFAP 95-9 y 97-20 presentaron ajuste osmótico, por acumulación de Cl^- , Na^+ y Ca^{++} , al desinfectarlos tanto por hipoclorito de sodio (NaClO), como por hipoclorito de calcio [$\text{Ca}(\text{ClO})_2$]. El genotipo INIFAP 95-8, lo presentó con la combinación de ambos desinfectantes [NaClO y $\text{Ca}(\text{ClO})_2$] y disminuyó el ajuste osmótico al aumentar la concentración de los desinfectantes.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina J.F., Kohashi-Shibata J., Trejo C.L., Acosta-Gallegos J. 1999. Respuesta fisiológica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la sequía, en un sistema de raíz dividida. *Agronomía Mesoamericana*. 10(1) : 31-36
- Chandler S.F., Thorpe T.A. 1987. Proline accumulation and sodium sulfate tolerance in callus cultures of *Brassica napus* L. cv. Wesfar. *Plant Cell Report*. 6:176-179
- CNOC. 2010. Sobre el consumo de café soluble (Instantáneo) y el café robusta en México. 4p. Disponible en: <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/120.pdf>. Consultada 7 de agosto 2013.
- Etienne H. 2006. Somatic embryogenesis protocol: Coffe (*Coffea arabica* L. *C. canephora* P.). In: Protocol for somatic embryogenesis in woody plants. Jain S M, Guta P K (eds). Springer. The Netherlands, p. 167-179.
- Iwahashi M., Tachibana Y., Ohta Y. 1982. Accumulation of calcium, magnesium, potassium and sodium with growth of individuals leaves, petioles and stems of cucumber plants. *Soil Sci Plant Nutr*. 28:441-449.
- López-Gómez P., Iracheta-Donjuan L., Castellanos-Juárez A., Méndez-López I., Sandoval-Esquivel M., Aguirre-Medina J.F., Ojeda-Zacarias M. del C., Gutiérrez-Díez A. 2010. Influencia de explantes y medio de cultivo en la embriogénesis somática en hojas de café. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33 (3): 205-213.
- López-Gómez P., Iracheta-Donjuan L., Castellanos-Juárez M., Méndez-López I., Aguirre-Medina J.F., Gutiérrez-Díez A., Ojeda Zacarías M. del C., Pérez-Pérez B.R. 2011. Variación en la tolerancia a desinfectantes de genotipos élite de *Coffea* spp. cultivados *in vitro*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 2 (5): 645-657.
- Ludlow M.M. 1989. Strategies in response to water stress. In: Kreeb H K, Ritcher H And Hickley T M Edrs. Structural and functional response to environmental stresses: Water shortage. The Hague, Netherlands: SPB. Academic Press. pp. 269-281.
- Parra R.A., Rodríguez J.L., González V.A. 1999. Transpiración, potencial hídrico y prolina en Zarzamora bajo déficit hídrico. *Terra*. 17(2): 125-130
- Silva-Robledo H., Ortiz-Lizana M., Acevedo-Hinojosa E. 2007. Relaciones hídricas y ajuste osmótico en trigo. *Agrociencia* 41: 23-34.
- Walinga I., Van Der Lee J.J., Houba V.J.G., Van Vark W., Novo-Zamsky I. 1995. Plant analysis manual. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 253
- Wang Z., Stutte G.W. 1992. The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. 117: 816-823
- Wang Z., Quebedeaux B., Stutte G.W. 1995. Osmotic adjustment: Effect of water stress on carbohydrates in leaves, stems and roots of apple. *Aust. J. Plant Physiol*. 22:747-754.



MODELO DE TOMA DE DECISIONES DE ABASTO DE AGUA EN UNA COMUNIDAD RURAL

DECISION-MAKING MODEL FOR WATER SUPPLY IN A RURAL COMMUNITY

Benítez-Hernández, J.A.¹; Reta-Mendiola, J.L.¹; Asiain-Hoyos, A.¹; Ruiz-Rosado, O.¹; Campos-Arriaga, L.²; Montané-Azpiri, J.²

¹Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz. Predio Tepetates. Mpio. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. ²Low Carbon Architecture. Torre 1519, Paseo de la Niña 150-1405, Fracc. Las Américas. CP 94299. Boca del Río, Veracruz, México.

Autor responsable: benitez.javier@colpos.mx

RESUMEN

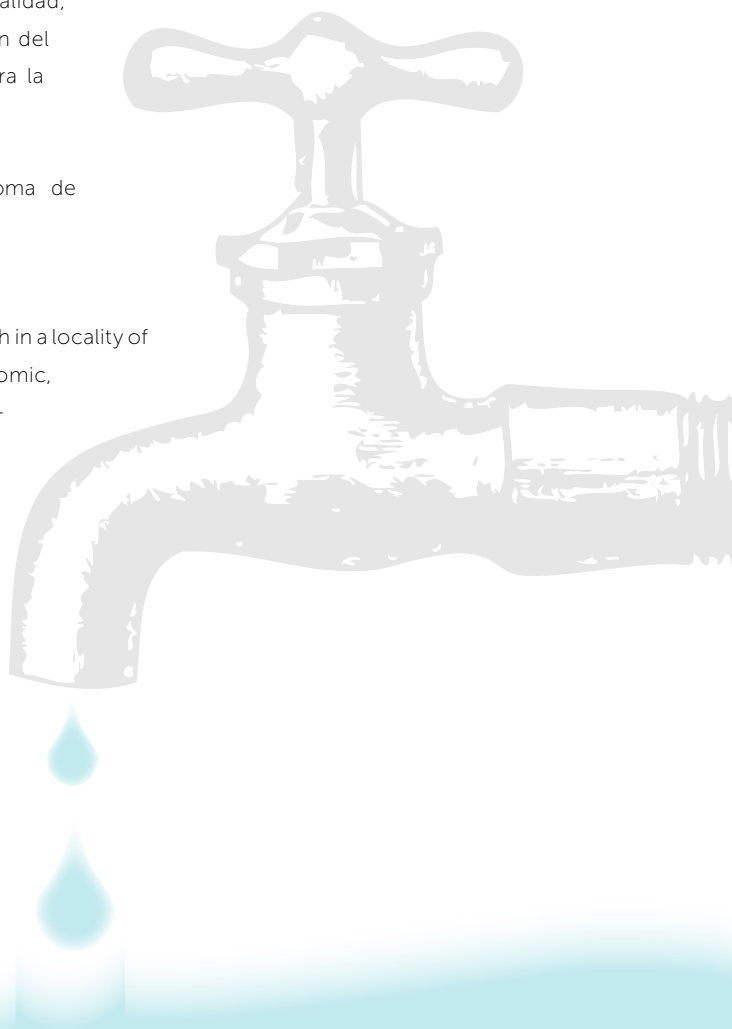
Se evaluó el agua de lluvia como fuente de abastecimiento desde un enfoque sistémico en una localidad de paso de Ovejas, Veracruz, México, estudiando aspectos sociales, técnicos, económicos, ambientales y normativos; El resultado fue un modelo multi-criterio que evidenció ventajas y oportunidades de la lluvia en términos de calidad, cantidad, legalidad, infraestructura necesaria, vulnerabilidad, autonomía y percepción del habitante. Este modelo fue utilizado como una herramienta para la toma de decisiones.

Palabras clave: captación de agua de lluvia, multi-criterio, toma de decisiones.

ABSTRACT

Rainwater was evaluated as a supply source from a systemic approach in a locality of Paso de Ovejas, Veracruz, México, studying social, technical, economic, environmental and normative aspects. The result was a multi-criterion model that evidenced advantages and opportunities of rain in terms of quality, quantity, legality, necessary infrastructure, vulnerability, autonomy and perception of the resident. This model was used as a tool for decision making.

Keywords: rain water capture, multi-criterion, decision making.



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre, 2016. pp: 32-37.

Recibido: enero, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

Los factores geográficos y geofísicos determinan las condiciones del clima y de lluvia en diversas regiones geográficas que conforman la República Mexicana (Breña, 2004). En la región Central del Estado de Veracruz, México, se presenta un clima sub-húmedo Aw0 (w) (García, 1981), que implica una precipitación media de 925 mm anuales distribuidos en su mayoría en los meses de junio, julio y agosto (CONAGUA, 1998). En consecuencia, y durante ocho meses se tiene una temporada de estiaje que induce a los habitantes de este territorio a definir acciones para el uso y manejo del agua. En esta región y específicamente en la localidad de Angostillo, en Paso de Ovejas, utilizan el bombeo de agua del río para dotarse en primera instancia; y tienen acceso a agua embotellada comercial para consumo humano considerada como potable. La calidad del agua del río no es monitoreada y solo se beneficia ocasionalmente con cloro con la idea de evitar efectos en la salud por bacterias. La calidad del agua del río está sujeta a cambios inadvertidos causados por sustancias provenientes de los afluentes río arriba de actividades de tipo agrícola y por residuos causados por asentamiento humanos. El río que abastece a esta zona es el Paso de Ovejas, perteneciente a la cuenca del río La Antigua (Díaz *et al.*, 2008), y el bombeo de agua del río implica una infraestructura importante comunitaria con inversión del gobierno municipal, estatal, y demanda mantenimiento y vigilancia, su calidad varía dependiendo de la temporada de lluvias y estiaje. En temporada de lluvia presenta turbidez por los arrastres de suelo incrementando sólidos en suspensión que la hace no apta para uso doméstico. La infraestructura de bombeo es vulnerable y ha sufrido pérdidas por eventos climáticos como huracanes que provocan grandes avenidas de agua en el cauce y eventualmente colapsan la infraestructura de bombeo ocasionando pérdidas totales (Hernández *et al.*, 2010). Además de los eventos naturales existen problemas de tipo social que causan un efecto similar, tales como el robo de cables de conducción de la energía eléctrica, lo que impide a las bombas funcionar y abastecer el vital líquido.

A consecuencia de lo anterior, las comunidades afectadas carecen de agua de calidad, afectando la salud física y emocional, así como su economía individual y colectiva. La comunidad se ve obligada a comprar agua en pipas o embotellada, y pasar periodos prolongados incluso de meses sin suministro de agua y cuando esta agua llega, no es apta para uso doméstico, beneficiando únicamente actividades productivas agrícolas y pecuarias de pequeña escala. Es importante mencionar que se tiene el hábito de almacenar agua en depósitos llamados aljibes, que son estructuras de concreto con una capacidad media estándar de 3 m³ a 5 m³ y se construyen en el patio aledaño a la casa habitación. Captar agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano es de gran importancia para las poblaciones con problemas de acceso a este vital líquido (Anaya *et al.*, 2007). No obstante, la comunidad no considera el agua de lluvia como una opción viable de abasto, la dejan caer y correr sin aprovechar volúmenes considerables con

buenas características de uso. La recolecta de agua de lluvia, almacén y distribución ordenada es una opción para disponer de forma autónoma, agua en cantidad y calidad suficientes para satisfacer sus necesidades primarias (Krishna, 2005), y para ello, se requiere de invertir en el diseño, construcción y operación del sistema de abasto de agua de lluvia por lo tanto es necesario estudiar las características específicas y contextuales para la toma de decisiones del uso agua de lluvia como fuente de abasto. Con base en lo anterior, se aplicó un modelo numérico para la toma de decisiones considerando variables y parámetros contextuales del territorio y sociales de la comunidad específica bajo las variables de cantidad, calidad, costo, legalidad, infraestructura, autonomía, vulnerabilidad y percepción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la comunidad de Angostillo, del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México (19° 13' 0" N y 96° 32' 0" O), a 260 m, posee un clima Aw0 (w), definido por Köppen modificado por García (1981). Mediante el método de análisis de involucrados se identificó a informantes clave y se recabó información pertinente a la comunidad de Angostillo. Entendiendo como análisis de involucrados, un instrumento que permite identificar a aquellos grupos y organizaciones interesadas en el éxito de una política o proyecto (Brugha y Varvasovszky, 2000). Para identificar y conocer las particularidades de las alternativas o

fuentes de abastecimiento de agua se realizaron visitas a la comunidad además de entrevistas semi-estructuradas a los informantes clave, según Martínez (2006) este tipo de entrevistas permiten aclarar términos, descubrir las ambigüedades, definir los problemas, orientar hacia una perspectiva, patentizar los presupuestos y las intenciones, evidenciar la irracionalidad de una proporción, ofrecer criterios de juicio o recordar hechos necesarios. Una vez identificadas las alternativas, se construyó un modelo multi-criterio para la toma de decisiones que permita conocer la viabilidad del agua de lluvia como fuente de abastecimiento en la comunidad Angostillo. Su construcción consta de las siguientes etapas: Definición, valoración, y ponderación de criterios así como la estructuración de una matriz de valoración y en su etapa final la valoración de alternativas, estas se explican a continuación. Mediante una revisión bibliografía y la opinión de los informantes clave, se buscaron los principales criterios que intervienen en el uso de fuentes de abastecimiento de agua en América Latina y países con problemas de escasez y; la utilización de agua de lluvia para comunidades rurales, en base a aspectos económico, político, técnico, ambiental y social.

Una vez definidos los criterios, se realizaron escalas de valoración nominales determinadas según las propiedades de cada criterio (Orlandoni, 2010). La ponderación es asociada a cada uno de los criterios, está se determinó mediante el método de asignación directa, donde los informantes clave asignaron un valor a cada aspecto en forma de tasación simple (1 a 8) en una encuesta. El número de encuestados fue de 24, elegidos mediante un muestreo aleatorio simple. Una vez establecidos los criterios y sus pesos asociados, se procedió a dar un valor numérico a cada alternativa, con respecto a cada criterio, y está fue representada como una matriz de valoración (X_{ij}) como se muestra en el Cuadro 1.

Cada fila de la matriz expresa valoraciones de alternativa A_i , con respecto a los n criterios. Cada columna de la matriz recoge las evaluaciones o juicios emitidos por el decisor de todas las alternativas respecto al criterio C_j (García, 2009). Se utilizó el método de suma ponderada de acuerdo con García (2009), que asume que

la función buscada se puede descomponer y asimilar a un método aditivo como se presenta en la siguiente ecuación.

$$v = \lambda_1 \cdot v_1 + \lambda_2 \cdot v_2 + \dots + \lambda_n \cdot v_n$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logró identificar 20 informantes clave, interesados en el progreso comunitario de Angostillo entre los cuales se encuentran: habitantes usuarios, autoridades, operativos y asesores académicos. Con ayuda de los informantes clave se identificaron tres alternativas de abasto o fuentes de abastecimiento de agua:

Agua de lluvia: Se registró una precipitación media anual de 925 mm de 1987 a 1997 (CONAGUA, 1998). La temporada de lluvias es únicamente de cuatro meses, de julio a octubre. Desafortunadamente, no existe información meteorológica actual en la comunidad lo que restringe conocer la precipitación anual con mayor precisión. El uso del agua de lluvia en la comunidad es para las actividades agrícolas, sobre todo de maíz (*Zea mays* L.), en algunos casos existen ollas de agua para abastecer la actividad pecuaria, y para uso doméstico y

consumo humano la práctica de captación de agua de lluvia es nula.

Agua embotellada: En la región existen varias embotelladoras que provén el líquido a la comunidad entre las que se encuentran las empresas: Continental, Piscis, Acatepec, San Francisco, Ciel, Santorini,

Jallapan y Cristal. Con ayuda de los informantes clave se seleccionaron las principales embotelladoras que abastecen a la comunidad:

Agua Continental: La purificadora del agua Continental se encuentra en la cabecera del Municipio de Paso de Ovejas, está hace un recorrido de 14.6 km o 21 min aproximadamente para llegar a la comunidad de Angostillo. Con una venta semanal de veinte a cuarenta garrafones y un costo de \$12.00 garrafón de 19 litros.

Agua Acatepec: Esta purificadora se ubica en la cabecera del municipio de Huatusco, y hace un recorrido de 68.7 km o un tiempo estimado de 57 min aproximadamente para llegar a la comunidad de Angostillo. Tiene

Cuadro 1. Matriz de valoración.

| | W_1 | W_2 | ... | W_n |
|-------|----------|----------|-----|----------|
| | C_1 | C_2 | ... | C_n |
| A_1 | X_{11} | X_{12} | ... | X_{1n} |
| A_2 | X_{21} | X_{22} | ... | X_{2n} |
| | | | | |
| A_m | X_{m1} | X_{m2} | ... | X_{mn} |

A: alternativa, W: ponderación, C: criterio.

una venta de cien garrafones de 19 litros semanales a un precio de \$15.00 cada uno.

Agua de río: El río Atliyac o Paso de Ovejas, es la principal fuente de abastecimiento de agua en la comunidad, a través de tubería recorre una distancia de 500 m y llega directamente a las llaves de agua en las casas. Cabe mencionar que la mayoría de las casas cuentan con tanques reservorios de agua en los patios, debido a que existen constantes problemas de abasto en la comunidad. El agua del río es utilizada para todas las actividades dentro del hogar (baño, cocina, regadera). Está requiere de un contrato para poder hacer uso de la misma, tiene una tarifa de \$74.80 por mes. Durante una entrevista a un informante clave de Paso de Ovejas, encargado del agua potable y alcantarillado comentó que el abastecimiento de agua en la comunidad corresponde a 10 m³ por familia mes y que el agua tiene un proceso de cloración antes de llegar a la comunidad. De acuerdo con la metodología se identificaron los siguientes criterios mencionados por los informantes clave:

- i. **Calidad.** Definida como los requerimientos mínimos para que la fuente de abastecimiento de agua sea útil para uso y consumo humano.
- ii. **Cantidad.** Definida como la capacidad de garantizar el abastecimiento de agua en la comunidad.
- iii. **Costo.** Definido como el gasto económico en forma unitaria que paga el usuario por el agua.
- iv. **Legalidad.** Definido como las cláusulas para lograr tener acceso a cada fuente de abastecimiento de agua.
- v. **Autonomía.** Definido como la independencia de algún tercero que opere o distribuya alguna fuente de abastecimiento de agua.
- vi. **Infraestructura.** Definido como el conjunto de elementos y servicios necesarios para poder hacer uso de cada fuente de abastecimiento de agua.
- vii. **Vulnerabilidad.** Definido como la ocurrencia de algún fenómeno extremo que perjudique el abastecimiento de alguna fuente de abastecimiento de agua.
- viii. **Apreciación.** Definido como el suministro considerado necesario de las fuentes de abastecimiento de agua.

Se utilizaron escalas de valoración para cada criterio considerado en el modelo multi-criterio para la toma de decisiones para el uso del agua de lluvia (Cuadro 2).

- i. **Calidad,** determinado de acuerdo a la norma NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, que establece los límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización. Asumiendo el valor de 1 si la fuente de abastecimiento cumple con el parámetro evaluado (nitratos, nitritos, amonio, dureza total, sólidos disueltos, cloruros, turbidez, coliformes totales y *E. coli.*) y cero en caso contrario.
- ii. **Cantidad,** determinada por las recomendaciones de la UNESCO en diferentes usos y obteniendo un valor de 1 si la fuente de abastecimiento de agua cumple con la recomendación (inodoro, regadera, lavar, cocina, preparación de alimentos y varios) y cero en caso contrario.
- iii. **Costo,** determinado por el precio en pesos mexicanos para cada fuente de abastecimiento de agua (\$/m³), asumiendo un valor de acuerdo al orden de menor a mayor otorgando el valor de 1 al que tuvo el costo más elevado y 4 al menor.
- iv. **Legalidad,** determinado mediante encuestas a los pobladores de la comunidad, donde se preguntó si la fuente de abastecimiento requiere de algún contrato para hacer uso, asumiendo el valor de 2 para la fuente que no encuentra impedimento legal que tiene el consumidor para hacer uso del agua y un valor de 1 en caso contrario.
- v. **Autonomía,** determinado por la dependencia de un tercero que opere o distribuya alguna fuente de agua (operador o distribuidor), asumiendo el valor de 2 cuando la fuente de abastecimiento es autónoma y el valor de 1 en caso contrario.
- vi. **Infraestructura,** determinado de acuerdo con las normas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas del Distrito Federal, obteniendo el valor de 1 cuando la fuente de abastecimiento de agua requiere de alguna obra o instalación (gastos de diseño, tubería, tanque o sistemas de almacenamiento, equipo de filtración, válvulas, bombeo e instalación de bombeo, plantas de potabilización, estructura de concreto o mampostería, tanques y recipientes, equipos de transportación, prefabricados y ensamble y servicio eléctrico) y en caso de que no lo requiera un valor de 2.
- vii. **Vulnerabilidad,** determinado por problemas de la fuente de agua para llegar al usuario, asume valores mediante el resultado de una encuesta realizada en la población, donde se preguntó si la fuente

de abastecimiento de agua tiene problemas para llegar a la comunidad y de esta manera es afectado el suministro de agua. Obteniendo el de 1 si la mayoría de los encuestados menciona que la fuente de abastecimiento siempre tiene problemas para llegar a la comunidad, 2 si algunas veces y 3 si la respuesta es nunca.

viii. **Apresiasi3n**, determinado mediante una encuesta a los habitantes de la comunidad, preguntando

si la fuente abastecimiento cubre las necesidades del usuario, asumiendo los valores de 3 para la respuesta de siempre, 2 para algunas veces y 1 para nunca.

Los resultados que los informantes clave asignaron (1 a 8) se sumaron y se calcul3 el porcentaje para darle el valor ponderado a cada criterio. A cada valor calculado se le denomina valor ponderado de los criterios (Cuadro 3).

Cuadro 2. Escala de valoraci3n asignada por los informantes clave para cada criterio.

| Criterio/Parámetro/Fuente de abastecimiento | | Río | Agua Continental | Agua Acatepec | Lluvia |
|---|--------------------------------------|-----|------------------|---------------|--------|
| Cantidad | Inodoro (40 l) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | Regadera (30 l) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | Lavar (12 l) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | Cocina (6 l) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | P. Alimentos (5 l) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Varios (4 l) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Total | | 6 | 2 | 2 | 6 |
| Calidad | <i>E. coli</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Coliformes Totales | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Turbidez | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | S3lidos Disueltos | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Cloruros | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Nitratos | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Nitritos | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Amonio | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Dureza total | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total | | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Costo | Total | 3 | 1 | 2 | 4 |
| Legalidad | Total | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Infraestructura | Gastos de Dise3o | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | Tubería | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Tanque o cisterna de almacenamiento | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Equipo de filtraci3n | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | V3lvulas | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Bomba e instalaci3n de bombeo | 1 | 2 | 2 | 1 |
| | Plantas de potabilizaci3n | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | Estructura de concreto y mampostería | 1 | 2 | 2 | 1 |
| | Tanques y recipientes | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | Equipo de transportaci3n | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | Prefabricados y ensambles | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | Servicio el3ctrico | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total | | 15 | 14 | 14 | 16 |
| Autonomía | Total | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Vulnerabilidad | Total | 1 | 3 | 3 | 1 |
| Percepci3n | Total | 3 | 3 | 3 | 2 |

Cuadro 3. Ponderación de criterios.

| Aspecto | Costo (C3) | Legalidad (C4) | Cantidad (C1) | Vulnerabilidad (C7) | Percepción (C8) | Calidad (C2) | Autonomía (C6) | Infraestructura (C5) |
|----------------------------------|------------|----------------|---------------|---------------------|-----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Total No. | 84 | 91 | 96 | 80 | 102 | 93 | 79 | 95 |
| Valor ponderado de los criterios | 11.67 | 12.64 | 13.33 | 11.11 | 14.17 | 12.92 | 10.97 | 13.19 |

Los valores en la matriz de valoración, son el resultado de la multiplicación del valor de los criterios determinado por las escalas de valoración, por el valor ponderado de los criterios y finalmente la suma de estos para cada fuente de abastecimiento de agua (García, 2009) (Cuadro 4).

Finalmente, de acuerdo con la matriz de valoración y la suma ponderada, el valor obtenido para cada fuente de abastecimiento ordenando de mayor a menor fue: Agua de lluvia 514.6; Río 480.3; Agua Acatepec 437; Agua Continental 425.3, interpretando el puntaje más elevado como mejor alternativa de abasto de agua en la comunidad, es decir el agua de lluvia.

CONCLUSIONES

Se mostró que el modelo multi-criterio para la toma de decisiones es aplicable como herramienta para solucionar problemas complejos como lo es el abastecimiento de agua en las comunidades rurales, y funcionó en términos de la selección de una forma diferente de abasto de agua a la comunidad, con características de calidad, en comparación a las fuentes convencionales. Asimismo, el dar una opción de abasto de agua con características de autonomía ha sido un factor motivante para que los usuarios tomen interés y el sistema permanezca y mejore.

LITERATURA CITADA

- Anaya G. M., Ramírez C.V., Martínez J.J. 2007. III Diplomado Internacional Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia (SCALL) para consumo humano y uso doméstico. COLPOS. México.
- Breña A. 2004. Precipitación y Recursos Hidráulicos en México. Coordinación General de Vinculación y Desarrollo Institucional de la Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, Tlalpan. D.F. México.
- Brugha R., Varvasovszky Z. 2000. Stakeholder analysis: a review. *Health Policy and Planning* 15(3): 239-246.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 1998. ERIC II. Extractor rápido de información climatológica. Servicio meteorológico nacional (SMN).
- Díaz J.I., Nava T.M.E., Gallardo L.F., García. A.J.C., Fajersson P. 2008. Potencial para el turismo alternativo del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 8(2): 199-208.
- García C.M. 2009. Métodos para la comparación de alternativas mediante un sistema de ayuda a la decisión (S.A.D.) y "soft Computing". Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena de Indias, Colombia.
- García E. 1981. Modificación al sistema de clasificación de Köppen. 3ra. Ed. Instituto de geografía. UNAM. México, DF.
- Hernández A., Bravo C., Díaz, J. 2010. Reseña del Huracán "Karl" del Océano Atlántico. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Gerencia de Meteorología y Climatología. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. Recuperado el 12 de noviembre del 2012 en: <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2010/atlantico/Karl2010a.pdf>.
- Krishna H. 2005. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board. Third Edition. Austin, Texas.
- Martínez M. 2006. La Investigación Cualitativa (síntesis conceptual). *Revista de Investigación en Psicología*. 9(1): 123-146.
- Orlandoni M. 2010. Escalas de medición en Estadística. *Maracaibo, Venezuela. Telos*. 12(2): 243-247.

Cuadro 4. Matriz de valoración de las fuentes de abastecimiento de agua.

| Alternativa | Criterio | | | | | | | | Total |
|------------------|----------|---------|-------|-----------|-----------------|-----------|----------------|------------|-------|
| | Cantidad | Calidad | Costo | Legalidad | Infraestructura | Autonomía | Vulnerabilidad | Percepción | |
| Río | 79.98 | 90.37 | 34.98 | 12.63 | 197.85 | 10.97 | 11.11 | 42.4 | 480.3 |
| Agua Continental | 26.66 | 90.37 | 11.66 | 25.26 | 184.66 | 10.97 | 33.33 | 42.4 | 425.3 |
| Agua Acatepec | 26.66 | 90.37 | 23.32 | 25.26 | 184.66 | 10.97 | 33.33 | 42.2 | 437.0 |
| Agua de lluvia | 79.98 | 90.37 | 46.64 | 25.26 | 211.04 | 21.94 | 11.11 | 28.3 | 514.6 |

RESISTENCIA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) MEJORADO POR METODOS CUANTITATIVOS CONTRA *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*

RESISTANCE OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) IMPROVED THROUGH QUANTITATIVE METHODS AGAINST *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*

Arce-Espino, C.¹; Ley de Coss, A.^{1*}; Aguirre-Medina, J.F.¹; Posada-Cruz, S.¹; Solano-Vidal, R.²

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV, Universidad Autónoma de Chiapas, Entronque carretera Costera y Estación Huehuetán S/N, Huehuetán, Chiapas, México. C. P. 36670. ²Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

*Autor para correspondencia: aleycoss@gmail.com

RESUMEN

Se desarrolló un programa de mejoramiento genético para resistencia horizontal global en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con énfasis en tizón común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), para la región Mixteca en Oaxaca, México. Se realizaron experimentos de laboratorio y campo en las estaciones de verano y otoño del 2002, para evaluar el nivel de resistencia acumulado en los genotipos de ciclos de mejoramiento 3, 4, 5, 6 y 7, comparándolos con los niveles de resistencia de los padres originales, y variedades regionales y comerciales. Mediante la aplicación de severa presión de inóculo de la bacteria, se evidenció el mayor avance genético contra *X. axonopodis* pv. *phaseoli*, en los genotipos de los ciclos más avanzados, considerando el rendimiento, incidencia y daños reducidos de la bacteria, tanto en experimentos de laboratorio como de campo.

Palabras clave: Resistencia genética.

ABSTRACT

A genetic improvement program was developed for global horizontal resistance in bean (*Phaseolus vulgaris* L.), with an emphasis on common blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), for the Mixtec region in Oaxaca, México. Laboratory and field experiments were performed in the summer and autumn seasons of 2002, to evaluate the level of resistance accumulated in the genotypes of improvement cycles 3, 4, 5, 6 and 7, comparing them with the levels of resistance of the original parents, and regional and commercial varieties. Through the application of severe pressure from the bacteria inoculum, the greatest genetic advancement against *X. axonopodis* pv. *phaseoli* was made evident, in the genotypes of the most advanced cycles, considering the yield, incidence and reduced damage of the bacteria, both in laboratory and field experiments.

Keywords: genetic resistance.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre. 2016. pp: 38-44.

Recibido: mayo, 2014. **Aceptado:** agosto, 2016.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los centros de origen y domesticación del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y en consecuencia se ha desarrollado amplia variabilidad genética y de sus parásitos (García *et al.*, 1999). En el germoplasma mexicano de *Phaseolus* spp, agregan Navarrete y Acosta (2000) que existe resistencia al tizón común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) en genotipos silvestres y cultivados, y en algunos de éstos sugiere la existencia de resistencia horizontal y en otros resistencia de tipo vertical, con lo cual confirma la variabilidad patogénica de esta bacteria. El empleo de técnicas de fitomejoramiento en población en frijol ha demostrado ser eficiente en la acumulación de altos niveles de resistencia a enfermedades como el Tizón común y el Virus del Mosaico Común (VMC) (García *et al.*, 2003). El tizón común es un problema especialmente importante en las regiones tropicales y subtropicales productoras de frijol (Cruz Izquierdo *et al.*, 2004). En el mejoramiento genético por resistencia horizontal se debe inactivar la acción de la resistencia vertical durante el proceso de selección, para evitar que se seleccione por ausencia de parasitismo. Esto se puede lograr mediante la técnica del patotipo designado, que conlleva la selección de un número determinado de patodemos, que formaran la población de padres potenciales en el proceso de mejoramiento; los materiales no acoplados son descartados y cualquier resistencia que permanezca será resistencia horizontal (Robinson, 1987). Alvarado (1993) cita incremento ligero en los niveles de resistencia en algunas progenies del segundo ciclo de mejoramiento; en cambio Madariaga (1998) consigna acumulación de resistencia a la bacteria del tizón común por parte de los padres en el cuarto ciclo de cruza. Cruz (2001) evaluó en campo 70 genotipos de frijol del ciclo tres y cuatro de selección para tizón común, y encontró que el grupo de progenitores más avanzado presentó los niveles más bajos de daño por el tizón común. Demostró la factibilidad de la acumulación de genes que confieren resistencia para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, mediante selección recurrente. Con estos antecedentes, se comparó el nivel de resistencia horizontal contra algunas enfermedades del frijol, con énfasis en la bacteriosis del tizón común *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, en los materiales avanzados de los ciclos tres, cuatro, cinco, seis y siete de mejoramiento en comparación con variedades comerciales y regionales. Para tal fin se planteó realizar una serie de experimentos en laboratorio y en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Ecología de enfermedades perteneciente al área de Fitosanidad, del Instituto de Fitosanidad, en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México y en los terrenos del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. Se evaluaron 72 genotipos recolectados en la mixteca oaxaqueña (Valenzuela, 1988) y se hicieron muestreos para obtener aislamientos de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (tizón común) y virus del mosaico común del frijol (BCMV). Los aislamientos fueron seleccionados por su acoplamiento con la mayoría de los genotipos y en forma simultánea, se designaron los patotipos V-972, M-52 y X-118 y los patodemos 4, 20, 31, 48, 52, 54 y 55. Los patodemos son todos susceptibles a todos los patotipos, por lo que la resistencia vertical ha sido inactivada y es necesario ahora acumular poligenes de resistencia horizontal. Se incluyeron seis variedades locales susceptibles a los patotipos designados. Los padres fueron cruzados entre ellos por cruza dialélicas y cada generación de selección masal fue sometida a selección tardía (después de tres generaciones de autopolinización) siempre en condiciones de campo y aplicando presión de selección bajo el criterio de mayor rendimiento. Los aislamientos de la bacteria y del virus, se conservaron en laboratorio para ser usados como inóculo artificial. Se utilizaron bacterias liofilizadas que se reactivaron en una mezcla de extracto de levadura y agua destilada durante cuatro horas y sembradas en cajas petri con extracto de levadura-dextrosa (YDC). Una vez obtenido el inóculo se transfirió a 10 matraces de medio líquido (extracto de levadura y glucosa) y colocado en la incubadora a 25 °C por tres días. Posteriormente se centrifugó para eliminar el medio de cultivo y la bacteria se resuspendió en agua destilada estéril. La concentración final se calibró a 10^8 células mL^{-1} mediante comparación con concentraciones conocidas. En el primer experimento la bacteria se inoculó en folíolos desprendidos de 28 días de edad provenientes de los 15 genotipos (Cuadro 1).

Los folíolos desprendidos se mantuvieron en tubos de ensayo de 25 ml con agua corriente. Se utilizaron diez folíolos por cada variedad y el grupo de tubos con sus respectivos folíolos se mantuvieron en cámara húmeda (mediante la instalación de un humidificador). Bajo esas condiciones de alta humedad, se asperjó *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* sobre los folíolos. Las condiciones de alta humedad se mantuvieron por cinco días o

Cuadro 1. Genotipos comparados en su resistencia a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* inoculada a folíolos desprendidos mantenidos en agua en tubos de ensaye y en cámara húmeda.

| Padres originales | Variedades regionales | Variedades comerciales | Genotipos avanzados | |
|-------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|--------|
| Po – 20 | Negro Tezonteapa | Pinto villa | P4C 2 | P6C 7 |
| Po – 32 | Nativitas | Negro perla | P5C 1 | P7C 10 |
| Po – 48 | | | P5C 4 | P7C 11 |
| | | | P5C 7 | P7C 15 |

más. Por cada variedad se utilizaron 10 tubos, de los cuales, ocho fueron asperjados con el inoculo de la bacteria y dos como testigos. Este experimento se repitió dos veces en el tiempo. La segunda vez se realizó 12 días después del primero cuando las plantas estaban en la etapa V3. Se determinó a los cuatro días después de la inoculación, el grado de resistencia en escala visual de 1 a 10, considerando como referencia que 1 es hoja sana, 5 hoja clorótica y 10 hoja necrosada con todos los rangos intermedios. Para el segundo experimento la evaluación se realizó a los ocho días después de la inoculación. En campo, la siembra se realizó al inicio de la época de lluvias en parcelas de 5 m de largo por 0.64 m de ancho, con distancia entre calles de medio metro, depositando manualmente 110 semillas a una densidad de 55 plantas por surco y distancia de 90 cm entre plantas. En laboratorio se obtuvo el inoculo de la bacteria del tizón común y en condiciones

de nublado se hicieron las inoculaciones con bomba de mochila manual. El control de maleza fue con tres deshierbes manuales. En total 48 tratamientos (un genotipo por cada tratamiento) distribuidos en un diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones (Cuadro 2).

Se determinó porcentaje de daño por la bacteria del tizón común y por el virus del mosaico común; para el primero, se utilizó una escala con valores de 0 a 5 e interpretados en porcentaje de daño; en donde 0 equivale a 0% de área foliar dañada, 1 correspondió a 12.5%, 2 al 25%, 3 al 50%, 4 a un 75% y 5 a 100%, sólo se hizo una evaluación 15 días después de iniciada la floración, además del rendimiento por genotipo. El porcentaje de daño por el virus se interpretó considerando síntoma 1 (moderado) y síntoma 2 (severo). Los datos fueron analizados con el procedimiento PROC ANOVA, posteriormente se aplicó una comparación de medias Tukey con un

$\alpha \leq 0.05$ con el programa SAS versión 8.0 (1988) y graficaron con el programa Sigma plot ver. 10.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En laboratorio se observó diferente severidad del daño por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* entre genotipos (Figura 1).

Con valor inferior a dos, en la escala empleada, se encontraron los genotipos P 5-1, P 6-7, P 7-15, Po 48 y Pinto Villa. Los valores más altos de daño (superiores a cuatro) se observaron en los genotipos P 5-4, P 5-7, Po 20 y Po 32 y con valores de severidad intermedios P 4-2, P 7-10, P 7-11 y las variedades regionales Negro de Tezonteapa, Nativitas y Negro Perla. De tres progenitores originales incluidos, dos mostraron los niveles de daño más altos y sólo el progenitor original 48 mostró resistencia, aunque el daño observado fue menor para uno de los progenitores del séptimo ciclo, el P 7-15. En el segundo experimento se observaron diferencias entre genotipos con base en los valores dados por la escala utilizada, los niveles de resistencia más altos (daños inferiores a la escala de 3) se presentaron en los genotipos P 7-15, Po 48 y en la variedad comercial Pinto Villa. Niveles intermedios de resistencia (escala de 3 a 5) se

Cuadro 2. Genotipos establecidos en campo para la evaluación del avance genético por resistencia horizontal a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*.

| Padres originales | Variedades Regionales | Variedades Comerciales | Genotipos Avanzados | | | | |
|-------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| Po – 04 | Negro Tezonteapa | Bayo | PC3-01 | PC4-01 | PC5-01 | PC6-01 | PC7-03 |
| Po – 20 | | | PC3-02 | PC4-02 | PC5-02 | PC6-02 | PC7-09 |
| Po – 31 | Amarillo regional | Jamapa | PC3-03 | PC4-03 | PC5-03 | PC6-03 | PC7-10 |
| Po – 48 | | | PC3-04 | PC4-04 | PC5-04 | PC6-04 | PC7-11 |
| Po – 52 | Negro Noventeño | Pinto villa | PC3-05 | PC4-05 | PC5-05 | PC6-05 | PC7-12 |
| Po – 54 | | | PC3-06 | PC4-06 | PC5-06 | PC6-06 | PC7-15 |
| Po – 55 | | | PC3-07 | PC4-07 | PC5-07 | PC6-07 | PC7-21 |

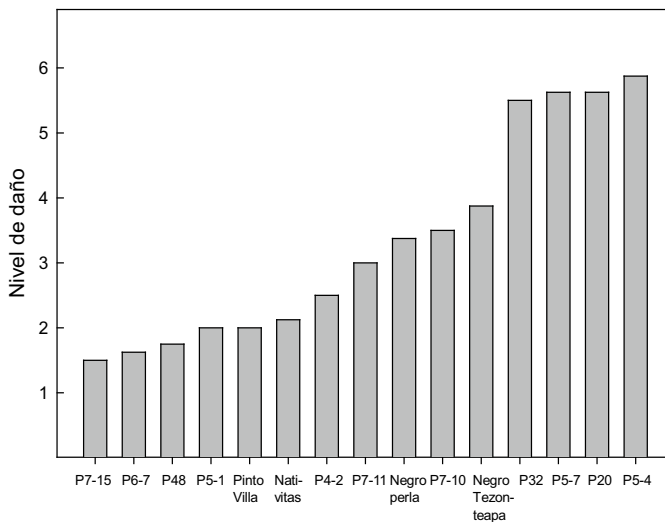


Figura 1. Nivel de daño observado en los genotipos evaluados con base en la escala 1 a 10 en respuesta a la inoculación con *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* bajo condiciones de cámara húmeda sobre foliolos desprendidos, a los 4 días de la inoculación.

observaron para los genotipos de los ciclos avanzados P 4-2, P 5-1, P 6-7, P 7-11, variedad regional Nativitas y variedad comercial Negro Perla. Los genotipos más susceptibles (con niveles de daño superiores a 5) fueron los progenitores originales Po 20 y Po 32 y de ciclos avanzados P 5-4, P 5-7 y P 7-10, así como la variedad Negro de Tezonteapa. Los experimentos desarrollados en laboratorio permitieron evidenciar más rápido la acumulación de resistencia horizontal en algunos de los genotipos avanzados del proyecto, y a su vez confirmar, que al realizar un programa de mejoramiento genético por resistencia horizontal, se logran acumular niveles de resistencia altos aunque se parta de padres originales susceptibles. Los resultados del análisis de varianza sobre los datos de rendimiento indicaron que existen diferencias significativas entre los genotipos evaluados, considerando un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (Cuadro 3).

Las comparaciones de medias (Tukey $p \leq 0.05$) evidenció que los mejores genotipos, con promedio superiores a 1100 g por parcela, fueron los de los ciclos avanzados de mejoramiento (tres genotipos del séptimo, cuatro genotipos del sexto, tres genotipos del quinto, un genotipo del cuarto y dos del tercero) (Cuadro 3). En contraste, los genotipos que obtuvieron rendimientos promedio inferiores a 700 g (significativamente distintos a los anteriores) se encuentran cinco padres originales, las tres variedades comerciales, las tres variedades regionales y dos genotipos del tercer y cuarto ciclo de mejoramiento.

Cuadro 3. Pruebas Tukey para el rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. de acuerdo a tratamiento. Se incluyen sólo los 13 genotipos de mayor y menor rendimiento.

| Genotipo | Media | Probabilidad ($\alpha=0.05$) |
|---|--------|--------------------------------|
| PC7-03 | 1487.5 | a |
| PC6-01 | 1425.0 | ab |
| PC5-07 | 1325.0 | abc |
| PC5-01 | 1275.0 | abc |
| PC6-06 | 1245.0 | abc |
| PC6-02 | 1236.3 | abc |
| PC7-15 | 1222.5 | abcd |
| PC4-03 | 1218.0 | abcd |
| PC5-02 | 1200.0 | abcde |
| PC6-04 | 1200.0 | abcde |
| PC7-09 | 1175.0 | abcdef |
| PC3-03 | 1175.0 | abcdef |
| PC3-05 | 1145.0 | abcdefg |
| Existen diferencias significativas entre estos dos grupos | | |
| Po 54 | 702.8 | ghijklmno |
| Po 52 | 675.0 | hijklmno |
| PC3-07 | 671.8 | ijklmno |
| Po 31 | 633.3 | jklmno |
| PC4-02 | 630.8 | jklmno |
| AMARILLO REGIONAL | 488.8 | klmno |
| Po 4 | 475.0 | klmno |
| PINTO VILLA | 468.8 | lmno |
| NEGRO NOVENTEÑO | 438.8 | mno |
| BAYO | 356.8 | no |
| NEGRO TEZONTEAPA | 355.0 | no |
| JAMAPA | 325.3 | no |
| Po 55 | 292.8 | o |

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

El avance genético de los genotipos se establece mediante la comparación del rendimiento de los padres con los genotipos de ciclos avanzados. En este caso, cinco genotipos de los padres originales fueron incluidos entre los 13 genotipos de menor rendimiento, y uno de ellos, el Po 55, mostró el más bajo rendimiento. En contraste los 13 genotipos de más alto rendimiento fueron los de ciclos avanzados de mejoramiento y en uno de ellos, el rendimiento más alto correspondió a uno de los genotipos del séptimo ciclo. El rendimiento por grupo de genotipos mostró que los rendimientos más altos correspondieran a ciclos más avanzados (quinto, sexto y séptimo ciclo de mejoramiento). Por el contrario, los padres originales, las variedades

comerciales y las variedades regionales registraron los más bajos rendimientos (Figura 2).

El porcentaje de daño causado por el tizón común en los genotipos evaluados, es un parámetro epidemiológico que manifiesta la resistencia acumulada de los genotipos durante varios ciclos de mejoramiento contra el patógeno (Figura 3).

Los padres originales y variedades regionales presentaron en su población los porcentajes más altos del tizón común, comparados con los progenitores de los ciclos avanzados (PC3, PC6, PC4 Y PC7) a diferencia de las variedades comerciales en donde no existió daño por la bacteria. Lo anterior es probable que se deba a la posible selección de las mismas con la característica de resistencia a esta bacteria. Los padres originales son genotipos altamente susceptibles al tizón común, presentan el mayor porcentaje de daño (24.5%) comparado con el grupo del séptimo ciclo de mejoramiento que presenta el más bajo porcentaje (0.5%). Lo anterior el avance alcanzado de resistencia horizontal a la bacteriosis del tizón común. El grado de asociación entre el porcentaje de daño por bacteriosis y el rendimiento obtenido de los genotipos (Figura 4), mostró que a medida que aumenta el daño por la bacteria el rendimiento disminuye. Los datos de campo permiten sugerir que del total de genotipos avanzados (tercer, cuarto, quinto, sexto y séptimo ciclo), un 78% de los genotipos fueron los de rendimiento más alto, precisamente por su baja incidencia de tizón común.

Las variedades regionales, las variedades comerciales y padres originales, presentaron en su población los porcentajes más altos de daño, comparados con los de los ciclos avanzados (PC5, PC6 Y PC7) donde no existió daño por el virus. El porcentaje de daño causado por el virus mosaico común del frijol en los genotipos evaluados (Figura 5), manifestó como los genotipos han acumulado, durante varios ciclos de mejoramiento, altos niveles de resistencia contra éste patógeno.

Para el caso de la incidencia del Virus del Mosaico Común, su relación con el rendimiento (Figura 6), indicó que existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de daño por el virus y el rendimiento.

Con base en estos resultados, el porcentaje de daño por virus contribuye de manera significativa en el rendimiento. A medida que aumenta el porcentaje de

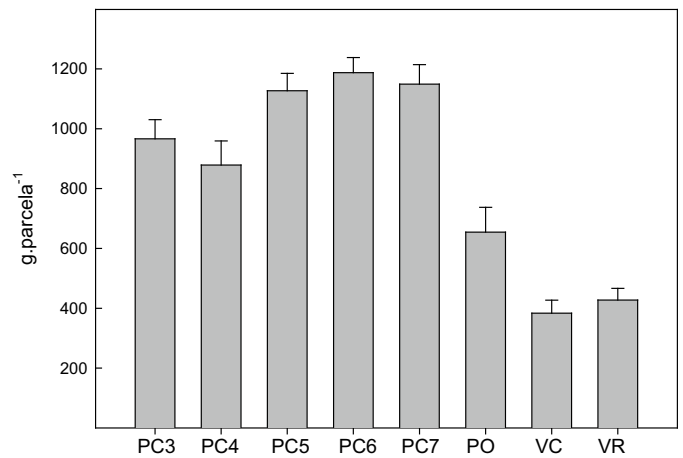


Figura 2. Rendimiento obtenido por grupo de genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. Valores promedio de cuatro repeticiones \pm error estándar.

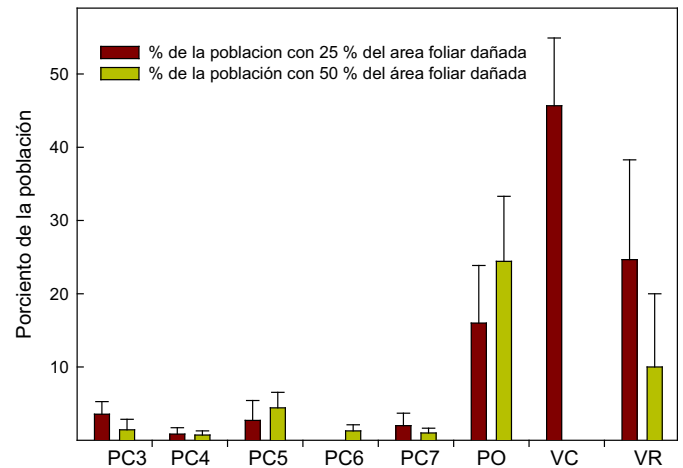


Figura 3. Porcentaje de la población con 25 y 50 % o más de área foliar dañada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* en promedio por grupo de genotipos de *Phaseolus vulgaris*.

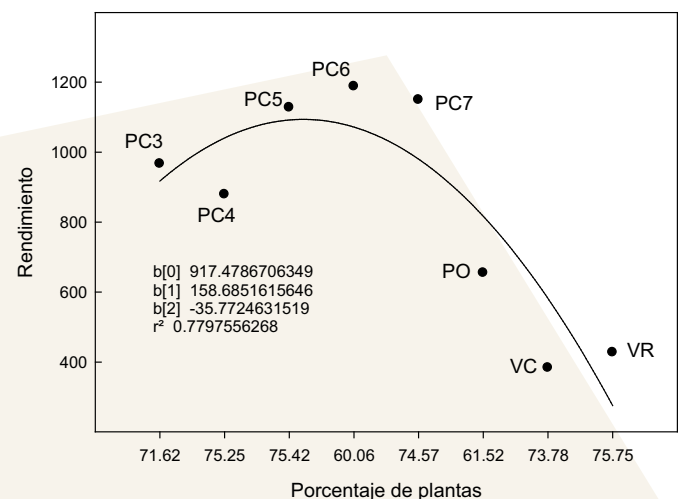


Figura 4. Grado de asociación entre el daño por la bacteria y el rendimiento en genotipos de frijol, tanto de ciclos avanzados de mejoramiento como progenitores originales, variedades comerciales y variedades regionales.

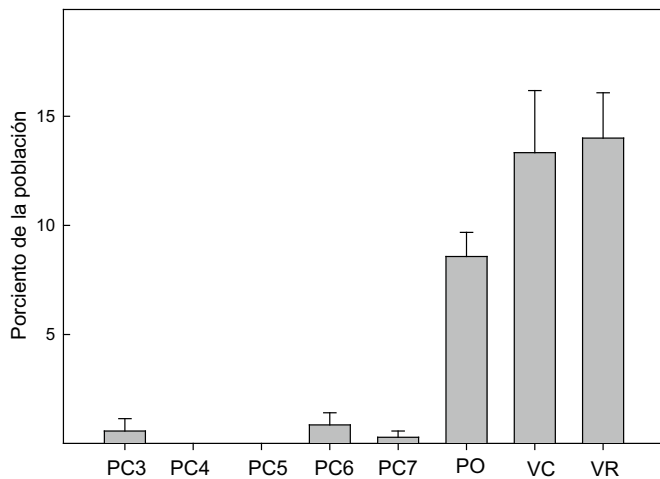


Figura 5. Porcentaje de la población dañada con el síntoma severo del virus mosaico común del frijol en promedio por grupo de genotipos de frijol

daño por el virus el rendimiento disminuye. Los datos de campo permiten observar que del total de genotipos de ciclos avanzados, 52%, fueron los de rendimiento más alto, precisamente por su baja incidencia de tizón común. El comportamiento que tuvo el rendimiento entre genotipos fue variable y se afectó por el porcentaje de daño, tanto por tizón común como por el virus del mosaico común del frijol y en respuesta al nivel de resistencia horizontal presente en los genotipos de los ciclos avanzados de mejoramiento (tercer, cuarto, quinto, sexto y séptimo) comparado con las variedades regionales y comerciales. El significativo incremento en rendimiento por parte de numerosos genotipos de los ciclos avanzados del programa de mejoramiento por resistencia horizontal (Cuadro 3), encuentra explicación en la menor incidencia y daños de la bacteriosis del tizón común (Figura 4) observada para los genotipos de ciclos avanzados, especialmente en comparación con algunos de los progenitores originales. Muchos de los genotipos individuales que alcanzaron los rendimientos más altos, lo lograron gracias a la menor incidencia y daños del tizón común (Figura 5). Las variedades regionales, las variedades comerciales y los padres originales claramente mostraron el mayor grado de daño en comparación con los grupos de genotipos avanzados (Figura 6). Esto sugiere, que la selección contra virosis ha sido más efectiva y que los daños de la virosis bajo condiciones de campo son más severos, por lo que el éxito del programa de mejoramiento, logra un nuevo balance productivo en las variedades mejoradas que permite rendimientos superiores, en algunos casos, de hasta 500% respecto al progenitor de menor rendimiento. Esta recuperación en productividad podría restablecer el balance productivo

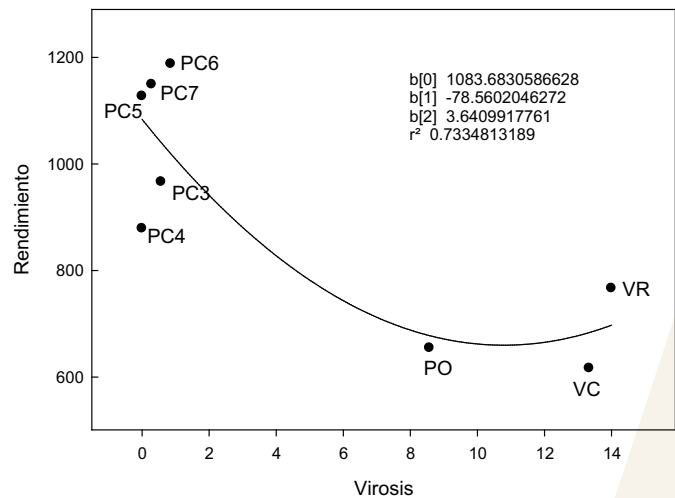


Figura 6. Grado de asociación entre el daño por virosis y el rendimiento en genotipos de frijol, tanto de ciclos avanzados de mejoramiento como progenitores originales, variedades comerciales y variedades regionales.

de las variedades regionales de la región Mixteca, en virtud de que los materiales mejorados son idénticos a los genotipos regionales, tan apreciados por los agricultores de estas regiones por cualidades culinarias, excepto que los nuevos genotipos, han recuperado su resistencia al menos a dos de los patosistemas regionalmente más devastadores.

Los resultados del presente trabajo corroboran lo reportado por García *et al.* (2003) quienes indican que es posible observar la acumulación de resistencia horizontal al mostrar correlación negativa entre el alto rendimiento de los genotipos avanzados y su baja incidencia de síntomas. La efectividad de la selección para resistencia a tizón común puede ser debida a que el proceso de selección aplicado haya favorecido la acumulación de genes de resistencia en cada ciclo de recombinación (Cruz-Izquierdo *et al.*, 2004). Y que considerando el rendimiento como el parámetro más holístico empleado en la selección, se han obtenido rendimientos que han superado a los progenitores originales, los cuales rinden 200 kg ha^{-1} mientras que los genotipos del ciclo más avanzado rinden en promedio más de 1400 kg ha^{-1} . Sus resultados evidencian la acumulación de resistencia horizontal, y sugieren que es factible obtener alta producción y alta calidad en cultivares con suficiente resistencia durable a todos los parásitos localmente importantes y eliminar la necesidad de proteger a los cultivos con agroquímicos. Sugieren además que la resistencia puede ser tratada como un carácter cuantitativo y que el mejoramiento por resistencia puede realizarse contra



todos los patógenos localmente importantes y que es factible acumular altos niveles de resistencia cuantitativa en un tiempo relativamente corto.

CONCLUSIONES

El avance genético por resistencia a tizón común a través de siete ciclos de selección masal recurrente, ha alcanzado niveles altos en los genotipos seleccionados, puesto que tuvieron valores más altos de rendimiento y menor incidencia de daño. El grupo de genotipos de los ciclos de mejoramiento más avanzados presentó los niveles más bajos de daño de tizón común tanto en laboratorio como en campo. Así mismo, los genotipos de los ciclos de mejoramiento más avanzados mostraron la menor incidencia del virus del mosaico común del frijol en el experimento de campo. El rendimiento es un carácter que se encuentra asociado a características epidemiológicas del tizón común y del virus mosaico común del frijol, por lo que la búsqueda de resistencia debe estar asociada a la selección de genotipos con respuesta de altos rendimientos en presencia de estos patógenos.

LITERATURA CITADA

- Alvarado M.S. 1995. Resistencia horizontal a tizón común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye) y virus mosaico común en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestro en Ciencias. Programa de Fitopatología. Colegio de postgraduados, Montecillo, Edo. de México.
- CIAT. 1991. Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. A van Schoonven, M A, Pastor-Corrales (comps.). Cali, Colombia. 56 p.
- Cruz I.S. 2001. Respuesta a la selección para resistencia horizontal al tizón común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) en frijol. Tesis de Maestro en Ciencias. Programa de fitopatología. Colegio de postgraduados, Montecillo, México. 154 p.
- Cruz Izquierdo S., Ramírez Vallejo P., García Espinosa R., Castillo González F., Sandoval Islas J.S. 2004. Selección para resistencia a tizón común en frijol. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (2): 141 – 147.
- García E.R., Robinson R.A., Aguilar P.J.A., Ramírez V.P., Castillo G.F., Romero R.F. 1999. Centros de origen y domesticación, los mejores lugares para el fitomejoramiento por resistencia cuantitativa. *In: Tercer Taller de Preduza en resistencia duradera en cultivos altos en la zona Andina.* D.L. Danial (ed). Cochabamba, Bolivia. pp 1-10.
- García E. R., Robinson R.A., Aguilar P J.A., Sandoval S. I. R. Guzmán P. 2002. Recurrent selection for quantitative resistance to soil-borne diseases in beans in the Mixteca region, Mexico. *Euphytica.* 130:241-247
- Madariaga N.A. 1998. Reacción a enfermedades de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorados bajo el concepto de resistencia horizontal. Tesis de Maestro en ciencias. Programa de fitopatología. Colegio de postgraduados, Montecillo, Edo. de México.
- Navarrete M.R. 1996. Variación patogénica de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye en México y resistencia del frijol al tizón común. Tesis de Doctorado. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México.
- Navarrete R., Acosta J.A. 2000. Genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* de Mexico. *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 17-23.
- Robinson R.A. 1996. Return to resistance: Breeding crops to reduce pesticide dependence. AgAcces and International Development Research Centre. Davis California USA and Ottawa, Canada.
- Robinson R.A. 1987. Host Management in Crop pathosystems. MacMillan Publishing Company, New York, USA. 206 pp.
- SAS. 1998. User's guide: statistics version 6 editions. SAS Institute, Inc. Cary, N.C.
- Valenzuela U.J.G. 1992. Avance metodológico en la búsqueda de resistencia horizontal global al patosistema local del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Mixteca poblana; un análisis crítico. Tesis de Doctorado. Programa de Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 90 p.



MILPA O BOSQUE: ENCRUCIJADA EN LOCALIDADES MARGINADAS

MILPA OR FOREST: DILEMMA IN MARGINALIZED LOCALITIES

Serrano-Avilés, T.¹; Galindo-Escamilla, E.¹; Reyna-Bernal, A.E.¹

¹Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Actopan, Km. 4.0, Colonia San Cayetano, Pachuca de Soto, Hidalgo, México, C.P. 42084.

* **Autor de correspondencia:** tomass@uaeh.edu.mx

RESUMEN

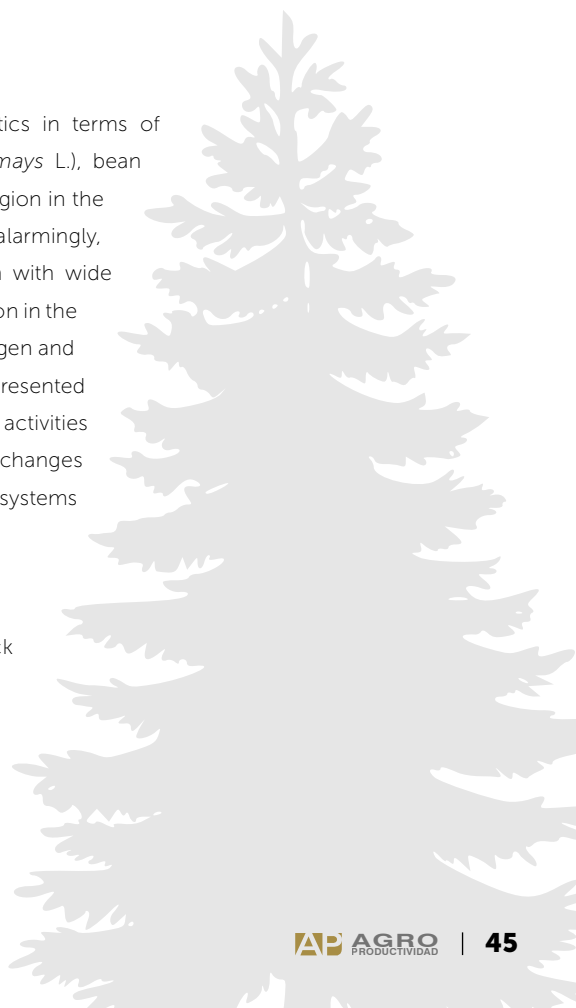
Se realizó un estudio para contextualizar las principales características socioeconómicas en cuanto a población, proyecciones de crecimiento, marginación, superficie sembrada de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), árboles y café (*Coffea arabica* L.) para una región Otomí-Tepehua en el estado de Hidalgo, México, en consideración a que las extensiones de bosques se han reducido de manera alarmante, y que la dinámica indicada afectará en los próximos 30 años a la región con amplias extensiones taladas. Un efecto de lo anterior, para la población del Centro del país será la reducción del oxígeno e infiltración de agua. Las evidencias presentadas mostraron como las principales actividades económicas de la población y los cambios sociales impactan y reducen los sistemas ecológicos en la región indicada.

Palabras clave: medio ambiente, agrosistemas, agricultura, ganadería.

ABSTRACT

A study was carried out to contextualize the main socioeconomic characteristics in terms of population, growth projections, marginalization, surface sown with maize (*Zea mays* L.), bean (*Phaseolus vulgaris* L.), trees and coffee (*Coffea arabica* L.) for an Otomí-Tepehua region in the state of Hidalgo, México, considering the fact that forest extensions have reduced alarmingly, and that the dynamics indicated will affect during the next 30 years the region with wide extensions felled. An effect of this, for the population in the Center of the country, will be reduction in oxygen and water infiltration. The evidences presented showed how the main economic activities of the population and the social changes impact and reduce the ecological systems in the region indicated.

Keywords: environment, agrosystems, agriculture, livestock production.



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre. 2016. pp: 45-49.

Recibido: enero, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace apenas unas décadas la preocupación por el medio ambiente creció de manera inusitada debido a que el calentamiento global fue señalado como un problema de orden mundial al que la sociedad en su conjunto debe atender (ONU, 1972). Uno de los antecedentes se remonta al final de la segunda Guerra Mundial ya que por iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas, aun cuando no se sabía nada del calentamiento global, se capitalizó a algunas naciones para forestar su territorio. El caso de Israel resulta interesante porque a partir de una iniciativa del entonces presidente, se convocó a los científicos de su país para elaborar un plan para convertir en bosque su desértico territorio. Como respuesta, los investigadores llegaron a la conclusión que era imposible alcanzar ese fin, precisamente por la carencia de agua. En el momento de la entrega de los resultados de su estudio al presidente, los investigadores, preocupados por la reacción del mandatario quedaron fríos con su respuesta: —*No hay problema, resolvió el Presidente Sharon*— traigamos científicos de otros países. Como resultado, casi la mitad del territorio de este país es un bosque de aceitunas, higos, uvas y otros productos que necesitan un consumo mínimo de agua. Respecto a la relación hombre naturaleza, el investigador Ponting (1990) es la premisa de partida obligada ya que su propuesta sugiere que los cambios sociales actúan como un catalizador para la afectación del ambiente físico. El autor ofrece una perspectiva completa sobre el ascenso y caída de las civilizaciones, incluyendo los sumerios, los egipcios y mayas. De este modo, Ponting reconoce, cómo en el presente, cada sociedad ha tenido mayores efectos sobre el medio ambiente, respecto de sus antecesores. En su estudio, destaca el surgimiento de las sociedades asentadas, cuya distinción común ha sido la pobreza. Con base en las tendencias actuales que se caracterizan por dos condiciones centrales: el crecimiento de la población y la disponibilidad de los recursos escasos, este autor augura un futuro sombrío para la humanidad. Su trabajo, toma como punto de partida, la isla de Pascua (Chile), territorio donde el autor encontró una minúscula población indígena de origen polinesio, hacinada y miserable, mientras la mayor parte de su territorio era usado para la cría de borregos. La lección que nos ofrecen estas observaciones es muy clara. En este lugar, la tierra evidenció los recursos limitados que tiene para apoyar a la población y sus demandas; pues, cuando, en un periodo de tiempo, la sociedad acaba con los recursos disponibles no hay manera de superar los límites que la naturaleza nos ofrece. Desde esta perspectiva, es claro que el mundo ha enfrentado una serie de crisis interrelacionadas causadas por acciones pasadas, caracterizadas por problemas similares, tales como la deforestación, erosión, desertificación, salinización, creciente pérdida de vidas, plantas silvestres y desigual distribución de los alimentos. En este contexto, Ponting asegura que la riqueza y las comodidades humanas básicas han estado estrechamente ligadas a los procesos de industrialización, al consumo de energía, a los limitados recursos y al deterioro del medio ambiente. Lakshmana (2013), en su estudio en La India, al evaluar el impacto que tiene la presión demográfica sobre el medio ambiente confirmó la existencia de una estrecha relación en ambas variables, pues, en las regiones de más alto desarrollo económico el daño ambiental es mayor, en

comparación con las regiones de menor desarrollo. Para este propósito, el autor segmentó a ese país en seis regiones, tomando como variable dependiente el grado de degradación de la tierra, del agua y del aire, respecto a dos tipos de variables explicativas: 1) indicadores próximos como el crecimiento demográfico, la densidad de la población y la pobreza; y 2) indicadores últimos como la urbanización, la industrialización y el desarrollo económico. Spierenburg y Raid (2005), en su estudio realizado en el Parque Nacional Jigme Singye Wangchuck de Bután, observaron cómo con la intensificación de la ganadería y con el cambio en los cultivos agrícolas se puede salvar el bosque; aprovechando para este fin la regeneración del suelo y la generación de agua para garantizar la producción de nuevos cultivos para el mercado local; con la mejora del ganado, cruzando especies más productivas, las cuales fueron concentradas en establos, cuyo porción de tierra usada fue menor. En antaño, los residentes (alrededor de 5000 personas), talaron indiscriminadamente los árboles para sembrar maíz y mijo, tenían ganado abundante que pastaba en amplios potreros, los cuales eran usados como animales de tiro. Según los sondeos realizados, la población estaba consciente que el bosque estaba en peligro, que el pastoreo de ganado y la agricultura tenían un impacto negativo; pues, una gran variedad de especies del bosque eran reemplazadas por otras más resistentes y más dañinas a la biodiversidad existente. Sin embargo, la población iba creciendo y la presión sobre la tierra iba en aumento, debido a la demanda de la tierra para uso agrícola y ganadero. Con base

en lo anterior, se realizó un estudio para contextualizar las principales características socioeconómicas en cuanto a población, proyecciones de crecimiento, marginación, superficie sembrada de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), árboles y café (*Coffea arabica* L.) para una región Otomí-Tepehua en el estado de Hidalgo, México, en consideración a que las extensiones de bosques se han reducido de manera alarmante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se partió de la información del proyecto desarrollado en el 2014 en el Centro de Estudios de Población de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el que se investigaron las potencialidades de desarrollo en las 20 localidades de más alta marginación del estado de Hidalgo. Con base en los datos de 2010 del Consejo Nacional de Población, el 80% de las 20 localidades más marginadas de Hidalgo se ubicaron por orden de importancia en los municipios de San Bartolo Tutotepec, Huehuetla y Tenango de Doria; considerando que la mayor riqueza de estas divisiones políticas radica en la generación de agua y de oxígeno; y que, en esta región, los árboles de la selva baja y el bosque están en peligro por el cultivo de maíz y frijol en laderas de elevada pendiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales de la región Otomí-Tepehua

En el 2010, según el número de habitantes de los tres municipios de la región son de tamaño pequeño. Al respecto, de acuerdo con las estimaciones del Consejo Nacional de Población, dada la tasa de crecimiento, en 2030, su población incrementará a niveles relativamente

Cuadro 1. Población y tasa de crecimiento.

| Municipio | 2010 (%) | 2030 (%) |
|-----------------------|-------------------|------------------|
| Huehuetla | 23, 563 (0.59) | 27, 450 (1.9) |
| Tenango de Doria | 18, 137 (1.9) | 20, 807 (1.2) |
| San Bartolo Tutotepec | 17, 206 (0.36) | 20, 666 (1.8) |
| Total regional | 58, 906 (0.9) | 68, 923 (1.7) |

con un nivel alto, situación difícil de revertir a pesar de lo invertido en programas asistenciales y de desarrollo, incluido por supuesto el Programa “Sin Hambre”. En el mismo sentido, el Índice de Desarrollo Humano destaca en el nivel medio bajo debido a la mortalidad infantil y al bajo ingreso per cápita de los residentes locales. Ambos datos permiten vislumbrar un panorama complicado en la región de estudio, lugar que observará en los próximos años un escaso avance en el desarrollo social. El índice de marginación es elaborado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) desde 1993, toma en cuenta nueve indicadores porcentuales: los ocupantes en viviendas particulares sin agua entubada, los ocupantes de viviendas particulares sin excusado ni drenaje, los ocupantes de viviendas con piso de tierra, los ocupantes de viviendas particulares sin energía eléctrica, los ocupantes de viviendas particulares con nivel de hacinamiento, la población analfabeta de 15 años y más, la población de 15 años y más sin primaria completa, la población que reside en localidades menores a 5000 habitantes y la población ocupada con ingresos de hasta dos salarios mínimos. El índice de Desarrollo Humano (IDH) fue propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) desde 1990. Este indicador busca operacionalizar el concepto de “capacidades” y toma en cuenta tres importantes componentes en promedio: la esperanza de vida, la escolaridad y los ingresos.

En cuanto a su base económica, la región Otomí-Tepehua tiene alta especialización en el sector terciario, situación que caracteriza de vulnerable a su economía, ya que este sector productivo no genera riqueza (Cuadro 3 y 4) destacando que los subsectores más destacados por orden de importancia son el comercio al por menor, restaurantes y hoteles y el comercio al por mayor.

Cuadro 2. Marginación y Desarrollo humano.

| Municipio | Índice y Grado de Marginación 2010 (%) | Índice y Grado de Desarrollo Humano 2013 (%) |
|-----------------------|--|--|
| Hidalgo | 0.661 Alto | 0.748 Medio Alto |
| Huehuetla | -0.6818 Muy Alto | 0.611 Medio Bajo |
| Tenango de Doria | -0.388 Medio | 0.644 Medio Bajo |
| San Bartolo Tutotepec | -1.745 Muy Alto | 0.589 Medio Bajo |

bajos, ya que hasta el 2030 habrá un crecimiento sostenido anual promedio del 1.7%.

De acuerdo con los índices de marginación del Consejo Nacional de Población, en el 2010, los municipios de la región destacan



A su vez, la evidencia más clara del predominio de las unidades productivas en la economía puede observarse al hacer un recorrido por las principales carreteras de la región, ya que las pequeñas misceláneas destacan unas detrás de otras y hacen suponer que casi hay una por familia.

En el 2011, el estado de Hidalgo tuvo una superficie total de 2, 098, 700 hectáreas, de las cuales el 30% correspondieron a uso agrícola. Al comparar la superficie cultivada de maíz y frijol en la región Otomí-Tepehua respecto del total de tierras de cultivo agrícola en el estado de Hidalgo se aprecia que esta actividad económica es muy baja. Pero, a nivel región, su impacto es más evidente y observa el siguiente orden de importancia: Huehuetla, San Bartolo Tutotepec y Tenango de Doria. Al respecto, un dato adicional relevante indica que en la producción de granos básicos (maíz y frijol) parecen tener un rol fundamental en Huehuetla, a diferencia de lo que ocurre en San Bartolo Tutotepec y en Tenango de Doria, lugares con mayor dependencia a surtirse de éstos en el mercado de Tulancingo (Hidalgo).

A su vez, el mismo orden de importancia se observó en la destrucción del bosque; es decir, la presencia de zonas erosionadas a causa de la agricultura son más evidentes en Huehuetla, San Bartolo Tutotepec y luego en Tenango de Doria. Según el Consejo Hidalguense del café (2014), en el 2013, la región Otomí-Tepehua destacó como el principal productor de café orgánico en el estado de Hidalgo, contribuyendo a que en esta fecha México fuera el principal productor de café orgánico a nivel mundial. Mientras tanto, el país ocupó el quinto lugar en el orden de los mayores productores de café en general, destacando después de Brasil, Vietnam, Colombia e Indonesia. En la región de estudio, el café es

Cuadro 3. Participación en el agregado censal bruto para la región a 2004.

| Sector de la economía | % |
|-----------------------|------|
| Terciario | 90.7 |
| Secundario | 8.6 |
| Primario | 0.7 |

Cuadro 4. Establecimientos del sector terciario y su participación en el agregado censal bruto a 2004.

| Subsector de la economía | % |
|--------------------------|------|
| Comercio al por menor | 61.5 |
| Hoteles y restaurantes | 11.3 |
| Comercio al por mayor | 10.3 |
| Estéticas y peluquerías | 3.3 |
| Mantenimiento | 2.1 |
| Servicios profesionales | 1.9 |
| Transportes | 0.3 |

una actividad económica importante a la que se la ha invertido un enorme capital y esfuerzo, sin que hasta la fecha, esta opción haya servido para atenuar la pobreza, debido principalmente a que su cultivo se puede hacer con efectividad en una franja muy delgada; es decir, ni a muy alta ni a muy baja altitud sobre el nivel del mar; inclusive, se debe a que el precio del café se encuentra controlado localmente por los caciques. De modo que, la producción de este producto no ha resuelto el problema de la pobreza, ni tampoco la destrucción del bosque. A nivel nacional, en

2013, Hidalgo destacó en el quinto lugar entre los principales productores de café. Al respecto, el Consejo Hidalguense del café (2014) pronostica la existencia de un elevado riesgo de la pérdida de la cosechas de café en los años venideros a causa de la presencia de la plaga del gusano barrenador. Respecto a actividades de reforestación de árboles, la región Otomí-Tepehua observa mayores índices respecto del nivel nacional y estatal, pues, en dos de los tres municipios que integran la región, los niveles distribuidos de árboles plantados por habitante es casi siete veces mayor en San Bartolo Tutotepec y dos más en Huehuetla, lo cual puede deberse tal vez a la preocupación de los residentes por la destrucción de amplias zonas de bosques, situación más evidente en San Bartolo Tutotepec y en Huehuetla, respecto de Tenango de Doria. No hay datos disponibles de la producción maderera, ni de la actividad forestal, lo cual, sugiere a que ocurre de manera subrepticia.

Cuadro 5. Superficie sembrada por tipo de cultivo al 2011 por municipio estudiado.

| Municipio | Maíz (ha/%) | Frijol (ha/%) | Superficie estatal (ha/%) |
|-----------------------|----------------|---------------|---------------------------|
| Región Otomí-Tepehua | 9, 686 1.7 | 527 0.1 | 558, 741 100 |
| Huehuetla | 4, 650 0.83 | 378 0.7 | 558, 741 100 |
| Tenango de Doria | 2, 736 0.41 | 70 0.01 | 558, 741 100 |
| San Bartolo Tutotepec | 2, 300 0.41 | 79 0.01 | 558, 741 100 |

Cuadro 6. Árboles plantados distribuidos por habitante.

| Municipio | % |
|-----------------------|-----|
| Huehuetla | 2.4 |
| San Bartolo Tutotepec | 8.0 |
| Tenango de Doria | 0.9 |
| Hidalgo | 1.5 |
| México | 1.4 |

En 2014, en un sondeo realizado como muestra no aleatoria a pequeños propietarios de parcelas agrícolas en los tres municipios de estudio se pudo constatar la existencia de una preocupación por la destrucción del bosque. Al menos esto fue evidente en los municipios de San Bartolo Tutotepec y Huehuetla, pero no en Tenango de Doria. Las localidades incluidas en el sondeo fueron: Cerro Grande (Tenango de Doria), El Bosque (Huehuetla), Salto del Agua (Huehuetla), Agua Escondida (San Bartolo Tutotepec) Los Álamos (San Bartolo Tutotepec), Monte Grande (San Bartolo Tutotepec) El Cojolite (San Bartolo Tutotepec) y Piedra Larga (San Bartolo Tutotepec). De no hacer nada a nivel local, en 30 años, en la región Otomí-Tepehua serán visibles amplias extensiones desérticas a pesar de que se mantengan las condiciones actuales de intensa precipitación pluvial, empeorando así las condiciones de vida de sus residentes, por la reducción directa de la cantidad y calidad de las tierras de cultivo, y, sobre todo, para la mayoría de la población del centro del país, habría el mayor impacto negativo con la reducción del agua y del oxígeno, asunto prioritario en los próximos años. Se propone diseñar un plan integral de desarrollo para la región Otomí-Tepehua. El punto de partida propone seguir a Spierenburg y sus colegas (2005), para

intentar impulsar las actividades económicas importantes de los residentes locales al mismo tiempo que se incrementan las extensiones del bosque. Es importante resaltar que en los municipios de estudio se tiene que seguir sembrando maíz y frijol para no depender del abastecimiento de las ciudades. Pero, la multiplicación de los granos tiene que depender de no alterar los bienes y sistemas ecológicos existentes.

CONCLUSIONES

Con base en el estudio, es claro que el territorio tiene que tener un orden que regule el cultivo de los productos agrícolas en los terrenos de pendiente elevada. Si bien, los datos generalizan la situación a nivel mundial, a escala regional, en la Sierra Otomí-Tepehua, la teoría es consistente y nos permite augurar, que, en el transcurso de varias décadas seguirán persistiendo condiciones de pobreza extrema y continuará la extinción de los ecosistemas. En esta oportunidad se observa la encrucijada del cambio social en la región de mayor riqueza biótica del estado de Hidalgo y también de mayor atraso social. Al poner en el centro de la escena el desarrollo de las actividades económicas agrícolas importantes de la población, advirtiendo mejores alternativas para los residentes locales, siempre y cuando puedan organizarse para acceder al control de su territorio y poder participar en el desarrollo siguiendo el camino que parece indicar lo que es mejor para todos.

LITERATURA CITADA

- Lakshmana C.M. 2013. Population, development, and environment in India, Institute for Social and Economic Change (ISEC), Population Research Centre, Nagarabhavi, angalore, Karnataka 560072, India, Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2013Vol. 11, No. 4, 367-374, <http://dx.doi.org/10.1080/10042857.2013.874517>
- Mohan Munasinghe, Jeffrey McNeely (eds.) 1994. Protected Area Economics and Policy: Linking Conservation and Sustainable Development. Washington DC: World Bank.
- ONU.1972 Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, Estocolmo, Suecia.
- Ponting C.1990. A New Green History of the World: The Environment and the Collapse of Great Civilizations.
- Spierenburg P.K.T., Rai D.S. 2005. Salvando el bosque mediante la intensificación de la ganadería, LEISA, Revista de agroecología.
- Tetreault V.D. 2009 Pobreza y degradación ambiental. Las luchas de abajo en dos comunidades del occidente de Jalisco: Ayotitlán y La Ciénega. Universidad de Guadalajara, México.



MÉTODOS DE ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES PARA LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) HIDROPÓNICO

ROOTING METHODS FOR CUTTINGS IN THE PRODUCTION OF HYDROPONIC TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.)

Moreno-Pérez, E.C.¹; Felipe Sánchez-Del Castillo, F.^{1*}; González-Molina, L.²; Contreras-Magaña, E.¹; Messina-Fernández, R.U.¹

¹Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5. Carretera México-Texcoco. Chapingo, Texcoco, Estado de México, 56230. México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Km 13.5, Carretera Los Reyes-Texcoco. Coatilnchán, México. CP 56250.

*Autor responsable: fsanchezdelcastillo@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se ha desarrollado tecnología para producción de jitomates (*Solanum lycopersicum* L.) híbridos en invernadero e hidroponía consistente en alta densidad de población y despuntes para dejar de uno a tres racimos de frutos por planta; sin embargo, el principal inconveniente es el costo de la semilla. Una opción es la propagación mediante esquejes enraizados, por lo que se evaluó el efecto de cinco métodos para enraizar esquejes de jitomate sobre el crecimiento, precocidad y rendimiento. Se aplicó un enraizado directo en las camas de producción, y cuatro con trasplante después de enraizar los esquejes en bandejas o tubos de 10, 15 y 20 cm de profundidad. Los esquejes se cubrieron con micro túnel de polietileno color blanco opaco, con sistema de riego por micro aspersión para proporcionar condiciones favorables al enraizamiento de los mismos. Se usó un diseño de bloques completos al azar, cuatro repeticiones, unidad experimental de 3.24 m², y densidad de 12 plantas m⁻², despuntando las plantas para dejarle tres racimos. El enraizado directo de los esquejes produjo mayor altura de planta, diámetro de tallo, precocidad y rendimiento. Entre los tratamientos que involucraban trasplante, no se encontraron diferencias.

Palabras clave: despuntes, tomates, densidad, invernadero, propagación asexual.

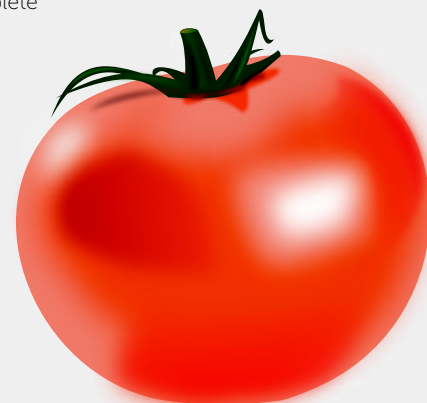
ABSTRACT

Technology has been developed for the production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrids in greenhouse and hydroponics, which consists of high density in the population and trimmings to leave one to three fruit clusters per plant; however, the main inconvenience is the cost of seed. One option is propagation through rooted cuttings, so the effect on growth, precociousness and yield of five methods used to root tomato cuttings was evaluated. Direct rooting was applied on the production beds, and four with transplant after rooting the cuttings on trays or tubes of 10, 15 and 20 cm of depth. The cuttings were covered with polyethylene micro tunnel of opaque white color, with micro spraying irrigation system to provide favorable conditions for their rooting. A complete random block design was used, with four repetitions, experimental unit of 3.24 m², and plant density of 12 plants m⁻², trimming the plants to leave three clusters. The direct rooting of the cuttings produced greater plant height, stem diameter, precociousness and yield. Differences were not found among the treatments that involved transplanting.

Keywords: trimmings, tomatoes, density, greenhouse, asexual propagation.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre. 2016. pp: 50-55.

Recibido: febrero, 2015. **Aceptado:** octubre, 2016.



INTRODUCCIÓN

Con la producción hidropónica de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero, se ha incrementado de manera importante la productividad respecto a la producción que se logra a campo abierto (Sánchez y Escalante, 1988; Resh, 2001). Se ha desarrollado tecnología para la producción de jitomate en invernadero basada en el manejo de las plantas en altas densidades de población con despunte de la yema terminal para dejar de uno a tres racimos florales por planta (Sánchez *et al.*, 1998; Ucan *et al.*, 2005). Al despuntar tempranamente se reduce el ciclo de trasplante a fin de cosecha de 11 meses en los sistemas comúnmente usados en los invernaderos, hasta menos de tres meses (Sánchez *et al.*, 2010). La producción de un ciclo se concentra en un periodo muy corto de tiempo, por lo que es posible programar la cosecha en ventanas de mercado con mejor precio (Sánchez y Ponce, 1998). El menor rendimiento que se obtiene por planta, es compensado con altas densidades de población, por lo que el rendimiento por unidad de superficie es similar, pero se logra en menor tiempo (Sánchez y Santos, 2003). No obstante a los altos rendimientos y calidad de frutos que se obtiene con el sistema de manejo en alta densidad señalado, un inconveniente es el mayor costo de producción que significa mayor cantidad de semilla que se ocupa (80,000 a 180,000 semillas por hectárea), pues se utilizan semillas de cultivares híbridos de alto valor en el mercado (uno a dos pesos por semilla). Una alternativa para disminuir este costo, puede ser la sustitución de la semilla por esquejes enraizados a partir de las yemas terminales (producto de los despuntes que se realizan con este sistema de producción), o brotes laterales que normalmente se desechan (Juárez *et al.*, 2000). Esto es factible en jitomate, ya que la inducción de raíces adventicias se obtiene con relativa facilidad, gracias a la alta concentración de auxinas que se encuentra en las ramas, lo que permite que bajo condiciones adecuadas de temperatura (20-30 °C) se obtengan esquejes con suficiente raíz para ser trasplantados en un tiempo máximo de 15 días a partir de su establecimiento (Bruin y Sande, 1986; Juárez *et al.*, 2000), incluso sin la necesidad de utilizar sustancias estimuladoras de enraizamiento (Hartmann y Kester 1988). De acuerdo con experiencias comerciales, plántulas obtenidas por esquejes enraizados tuvieron un costo de producción de \$0.70, mientras que en las provenientes de semilla híbrida el costo fue de \$2.70, en ambos casos hasta el trasplante (Vegetales Arellano, 2012). Se ha encontrado tanto en resultados de investigación (Simon *et al.*, 2002) como en experiencias comerciales (Industrial Agropecuaria Junco, 2005; Vegetales Arellano, 2012) en donde han participado los autores de esta contribución, que el rendimiento y la calidad de fruto de jitomate que se lograra con el uso de esquejes enraizados es similar al que se obtiene con plántulas provenientes de semilla botánica, con la ventaja adicional de que mediante esquejes, el periodo de manejo en el semillero se reduce e incluso las plantas inician su producción en menos tiempo (Bruin y Sande, 1986; Simon *et al.*, 2002). Por ejemplo con temperaturas de 20 a 30 °C, una plántula que proviene de semilla sembrada en charola de 200 cavidades, tarda en promedio 30 días de siembra a trasplante y otros 90 días para inicio de producción, mientras que las plántulas provenientes de esquejes enraizados, solamente requieren 15 días para formar raíces suficientes y ser trasplantadas y aproximadamente 70 días para empezar a producir

(Bruin y Sande, 1986). Aunque con el uso de esquejes se pueden presentar problemas de transmisión de enfermedades, se considera que es posible evitarlo con un manejo fitosanitario apropiado, poniendo énfasis en la selección de esquejes a partir de plantas identificadas como sanas y siguiendo un control sanitario similar al de plántulas en semillero.

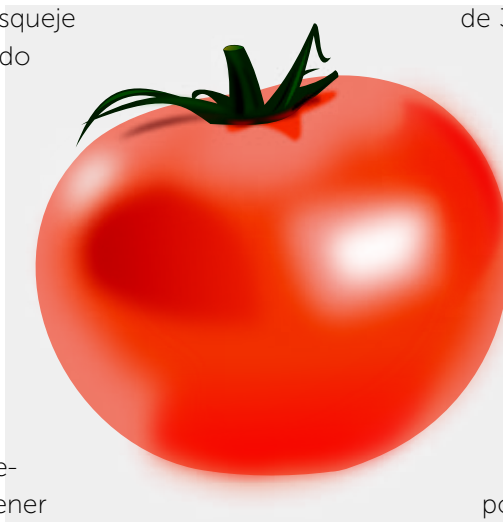
Durante el trasplante, las plántulas provenientes de semillas o inclusive las originadas de esqueje pueden sufrir daños en la raíz, lo que a su vez ocasiona retrasos en la floración y eventualmente mermas en rendimiento (Wien, 1999; Juárez *et al.*, 2000). Para el caso de la propagación por medio de esquejes, se considera que los daños a la raíz podrían evitarse o minimizarse enraizando los esquejes directamente en el área de producción (sin una fase previa de semillero) o mediante procedimientos de trasplante con todo y cepellón. Con base en lo anterior, se comparó el efecto de diferentes métodos para enraizar esquejes de jitomate sobre el crecimiento, precocidad y rendimiento de plantas manejadas con el sistema de despuntes tempranos y altas densidades de población. La hipótesis es que con el enraizado directo de los esquejes en las camas de cultivo, las plántulas no sufren el estrés al cambio de ambiente que supone el trasplante, lo que finalmente podría expresarse en mayor precocidad y rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se condujo en condiciones de invernadero e hidroponía, en Chapingo, Estado de México. La variedad utilizada fue el híbrido de jitomate "Daniela", que es de hábito de crecimiento indeterminado

y presenta frutos redondos de tamaño medianos a grandes. Los esquejes se obtuvieron a partir de brotes laterales de plantas en producción, cortados a una longitud de aproximadamente 10 cm. En el extremo basal se les hizo un corte diagonal con un ángulo cercano a 45° y posteriormente se prosiguió con el método de enraizado. Los tratamientos evaluados fueron: **Tratamiento 1:** Enraizado directo de los esquejes en la cama de producción, sin trasplante (enraizado directo). La densidad utilizada fue de 8 plantas m². **Tratamiento 2:** Enraizado de esquejes en bandejas rellenas con tezontle fino, con trasplante posterior del esqueje enraizado a las camas de producción (enraizado en bandejas). **Tratamiento T3:** Enraizado de esquejes en tubos de polietileno de 7 cm de diámetro y 10 cm de profundidad, rellenos con arena de tezontle fino, con trasplante posterior del esqueje a las camas de producción (enraizado en tubo de 10 cm). **Tratamiento T4:** Enraizado de esquejes en tubos de polietileno de 7 cm de diámetro y 15 cm de profundidad, rellenos con arena de tezontle fino, con trasplante posterior del esqueje a las camas de producción (enraizado en tubo de 15 cm). **Tratamiento T5:** Enraizado de esquejes en tubos de polietileno de 7 cm de diámetro y 20 cm de profundidad, rellenos con arena de tezontle fino, con trasplante posterior del esqueje a las camas de producción (enraizado en tubo de 20 cm).

Para los tratamientos 2 al 5, la densidad en semillero fue en cuadro real a 10×10 cm; para hacer el enraizado directo de los esquejes, por encima de la cama de cultivo se construyó un micro túnel de polietileno blanco opaco de un metro de altura, al que se le colocó un sistema de riego por micro aspersión para mantener humedad relativa alta y evitar la deshidratación. Se hicieron riegos con agua durante dos minutos cada hora los primeros 10 días. Durante los cinco días siguientes, los riegos por micro aspersión fueron cada vez menos frecuentes, hasta suspensión, al tiempo que con cintillas se aplicaba una solución nutritiva balanceada. Para el caso de los otros tratamientos, el enraizado de esquejes se hizo también bajo microtúnel con las mismas características del anterior. El riego por microaspersión se hizo de la misma manera con agua sola durante los primeros 10 días, y con solución nutritiva diluida al 50% su concentración normal los últimos cinco días.



Después de los primeros 10 días de enraizamiento, el plástico de los microtúneles se fue retirando paulatinamente a fin de aclimatar los esquejes a un ambiente de menor humedad relativa y mayor insolación. Cuando los esquejes habían formado suficientes raíces adventicias (15 días en los tratamientos T2 al T5), fueron trasplantados al invernadero de producción a una densidad de población también de 8 plantas m⁻². Posteriormente las plantas fueron tutoradas con hilos de rafia. Se eliminaron todos los brotes laterales (chupones) conforme las plantas los emitían, y cuando se formó la tercera inflorescencia, se procedió al despunte, dejando dos hojas sobre la última inflorescencia.

La solución nutritiva aplicada fue de 4 a 6 L m⁻² diarios, y contenía las siguientes concentraciones de nutrientes (mg litro⁻¹): N=250, P=60, K=300, Ca=300, Mg=75, S=200, Fe=3, Mn=0.5, B=0.5, Cu=0.1, y Zn=0.1 (Sánchez y Escalante, 1989). Las camas de cultivo estaban rellenas de arena de tezontle con partículas de 1 a 3 mm de diámetro con 25 cm de profundidad. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con los cinco tratamientos y cuatro repeticiones; cada unidad experimental fue de 3.24 m².

Variables

Altura de planta (AP), medida de la base del tallo al ápice de crecimiento a los 53 días después de que los esquejes fueron colocados para su enraizamiento (dee). **Diámetro de tallo (DT)**, que se midió a una altura de 40 cm, también a los 53 dee. **Precocidad (P)**, se tomó como un criterio de precocidad al porcentaje de plantas por unidad experimental (39 plantas en 3.24 m⁻² de cama) con al menos dos flores en anthesis en la segunda inflorescencia a los 53 dee y el porcentaje de rendimiento acumulado con respecto al total en el primero, segundo y tercer corte, a los 80, 100 y 120 días después del trasplante (ddt), respectivamente; se cosecharon en cada caso únicamente los frutos que alcanzaban madurez comercial. **Rendimiento total (RT)** en Kg m⁻². **Número de frutos m⁻² (NFM²)**. **Peso medio de frutos (PMF)** en g. Para cada una de las variables se hizo análisis de varianza y comparaciones de medias con prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizándose el paquete SAS (2004).

Cuadro 1. Cuadrados medios de variables de crecimiento, precocidad y de componentes del rendimiento en plantas de jitomate provenientes de esquejes.

| FV | GL | AP (cm) | DT (cm) | FSI (%) | RAC1 (%) | RAC2 (%) | RAC3 (%) | RT (Kg m ⁻²) | NFM ² | PF |
|-------|----|---------|---------|---------|----------|----------|----------|--------------------------|------------------|------|
| T | 4 | 2285** | 0.62** | 2895** | 29.1** | 1654** | 370** | 184** | 3966 | 363 |
| B | 3 | 49.9 | 0.02 | 1952 | 0.16 | 32.5 | 148 | 16.6 | 338 | 79.9 |
| Error | 12 | 23.6 | 0.10 | 252 | 0.16 | 7.4 | 55.2 | 16.7 | 1989 | 37.8 |
| CV | | 9.3 | 9.4 | 28.1 | 34.0 | 17.8 | 9.1 | 10.6 | 9.8 | 7.2 |

FV: Fuentes de variación; T: Tratamiento; B: Bloque; CV: Coeficiente de variación; GL: Grados de libertad; AP: Altura de planta; DT: diámetro de tallo; FSI: floración en la segunda inflorescencia a los 53 días después del enraizado; RAC1: Rendimiento acumulado en el primer corte; RAC2: Rendimiento acumulado en el segundo corte; RAC3: Rendimiento acumulado en el tercer corte; RT: Rendimiento total; NF: Número de frutos m²; PF: Peso de fruto en g. **: Diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$).

Cuadro 2. Efecto del método de enraizamiento sobre la altura de planta y diámetro de tallo a los 53 días de iniciado el enraizado de esquejes de jitomate.

| Tratamiento | Altura de planta (cm) | Diámetro de tallo (cm) |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|
| Enraizado directo | 93.5 a | 1.10 a |
| Enraizado en bandeja | 33.0 c | 0.81 c |
| Enraizado en tubo de 10 cm | 43.1 bc | 0.89 bc |
| Enraizado en tubo de 15 cm | 41.8 bc | 0.90 abc |
| Enraizado en tubo de 20 cm | 47.8 b | 1.00 ab |
| DMS | 10.95 | 0.20 |

DMS: Diferencia Mínima Significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencia significativa (Tukey, $P=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza indican que casi en todas las variables evaluadas mostraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, excepto en número y peso de frutos (Cuadro 1). Se registró (Cuadro 2) que la altura de planta (AP) en el tratamiento de enraizado directo, fue significativamente mayor (93.5 cm) al resto de los tratamientos. Entre los tratamientos de enraizado en tubos no hubo diferencias estadística, pero con el de 20 cm de profundidad, hubo mayor AP que el enraizado en bandejas.

El enraizado directo fue el tratamiento con mayor diámetro de tallo (DT), aunque no difirió significativamente del enraizado en tubos de 15 y 20 cm de profundidad; este último tratamiento tuvo mayor DT que el enraizado en bandeja tal como ocurrió en AP.

El hecho de que a 53 dee el tratamiento de enraizado directo presentara mayor AP y DT, indica que estas plantas llevaban un adelanto en el crecimiento respecto a los otros tratamientos de enraizado, posiblemente debido a que con el enraizado directo, las plantas no tuvieron el estrés que normalmente ocurre en plántulas al ser trasplantadas (daños físicos a la raíz, cambios en temperatura, humedad relativa y luz, y cambios en el ambiente de la raíz, etcétera.), ocasionando detención o disminución temporal del crecimiento vegetativo, pues la mayoría de los foto asimilados formados en dicha fase, se utilizan para el crecimiento de la raíz (Wien, 1999). Como esto no ocurrió en el enraizado directo se favoreció su crecimiento. De acuerdo con los criterios de precocidad establecidos, las plantas del enraizado directo fueron las más precoces (Figuras

1 y 2). A los 53 dee, en el enraizado directo ya se tenía el 100% de flores del segundo racimo floral en antesis, mientras que en los otros tratamientos apenas había 30% a 62.5% de plantas con antesis en dicho racimo, diferencia que resultó estadísticamente significativa (Figura 1).

A los 80 dee sólo en plantas enraizadas de forma directa se inició la cosecha con 6% del rendimiento total. El segundo corte de ese tratamiento y primero de los demás fue a 100 dee. En este momento en el enraizado directo ya se había acumulado un poco más del 50% de su rendimiento total, mientras que en los otros tratamientos solamente se había registrado entre 4.7% y 7% de su rendimiento total correspondiente. En la tercer fecha de corte (120 dee) se terminó la cosecha de plantas del tratamiento de enraizado directo, mientras que en los otros tratamientos sólo se había cosechado entre 74% y 76% (Figura 2).

En cada corte, las diferencias en el porcentaje de corte entre el enraizado directo y el resto de tratamientos fueron estadísticamente significativas, pero no entre los demás tratamientos. La cosecha de los cuatro tratamientos con trasplante finalizó 15 días después del tercer corte, es decir a los 135 dee.

Estas diferencias en precocidad también se pueden atribuir a que en el enraizado directo las plantas no sufren el estrés causado por el trasplante como en los otros tratamientos. Cabe aclarar que la duración del ciclo de cultivo en el área de producción fue igual para los cinco tratamientos, ya que los trasplantes a esta área se realizaron con plántulas que ya tenían 15 días en el enraizador, por lo que su ciclo de trasplante a fin de cosecha fue también de 120 días.

El Cuadro 3 muestra el rendimiento por unidad de superficie (kg m^{-2}) fue significativamente mayor en el tratamiento sin trasplante (enraizado directo) al producir casi 50% más que los tratamientos con trasplante (T2 al T5). Este mayor rendimiento se debió a mayor peso de fruto en el tratamiento con enraizado directo (alrededor de 20 gramos más por fruto), ya que en número de frutos no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos. Es posible que el efecto de estrés hídrico y la muerte de raíces al que son sometidas las plántulas durante el trasplante posterior al enraizado haya sido el factor responsable de las mermas en el rendimiento, sobre todo porque el trasplante se hizo con esquejes enraizados con varias hojas y posiblemente con inflorescencias ya diferenciadas, aunque éstas aún no eran visibles a simple vista. Al haber daños a la raíz, se provoca temporalmente un mayor flujo de fotoasimilados a éstas para su recuperación y en consecuencia un menor flujo de azúcares hacia las nuevas flores y los frutos (Tadeo, 2000), lo que seguramente redundó en menor peso medio de estos últimos y por lo tanto, en un menor rendimiento por unidad de superficie. De acuerdo con Wien (1999) la práctica del trasplante tiene un efecto negativo inmediato sobre el estado hídrico de la planta y sobre la raíz. Es probable también que este efecto negativo del trasplante inicialmente haya sido mayor en las plantas provenientes de esquejes obtenidos en bandejas, ya que el trasplante de éstos fue sin "cepellón" (raíz desnuda). Aunque el enraizado directo resulta más costoso en términos de mayor superficie de micro túnel y equipo de riego por microaspersión, el mayor ingreso que se puede obtener por aumento en el rendimiento por unidad de superficie que se logra

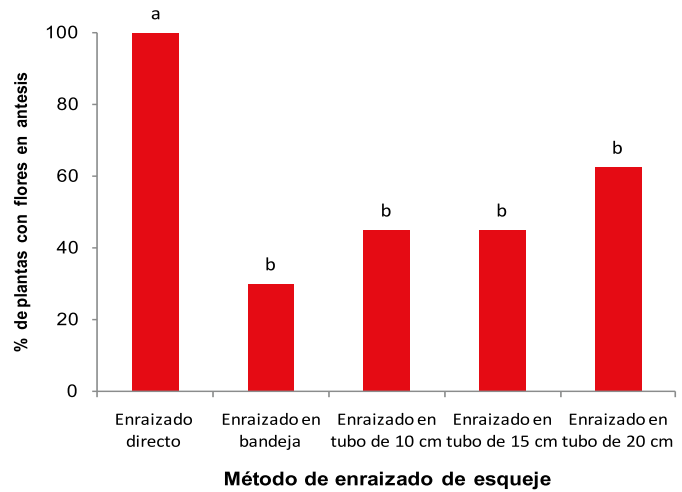


Figura 1. Porcentaje de plantas de (*Solanum lycopersicum*) con al menos dos flores en antesis a 53 después del inicio del enraizado del esqueje por diversos métodos.

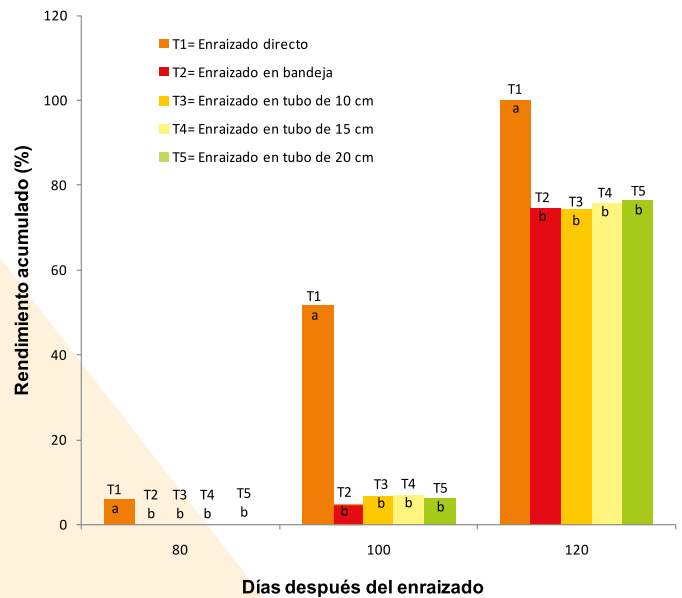


Figura 2. Porcentaje de rendimiento acumulado, respecto al total de cada tratamiento de enraizado en diferentes fechas de corte.

Cuadro 4. Comparaciones de medias de rendimiento y sus componentes primarios en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) provenientes de esquejes enraizados.

| Tratamiento | Rendimiento (kg m^{-2}) | Número de frutos m^2 | Peso de fruto (g) |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Enraizado directo en cama | 15.43 a | 154 a | 101a |
| Enraizado en semillero | 11.75 b | 143 a | 82 b |
| Enraizado en tubo de 10 cm | 10.06 b | 131 a | 77 b |
| Enraizado en tubo de 15 cm | 10.55 b | 131 a | 80 b |
| Enraizado en tubo de 20 cm | 11.66 b | 140 a | 83 b |
| DMS | 2.83 | 31 | 13.9 |

DMS: Diferencia Mínima Significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencia significativa (Tukey, $P=0.05$).

con este método (4 Kg m⁻² cada 120 días), compensa los costos dejando mayor rentabilidad económica.

CONCLUSIONES

La propagación vegetativa de jitomate por medio de esquejes enraizados es una opción factible, y el método con el cual se obtiene mayor crecimiento, precocidad y rendimiento es enraizando directamente los esquejes en las camas de producción, ya que con este sistema las plántulas no sufren los efectos de estrés que ocasiona el trasplante.

LITERATURA CITADA

- Bruin, de J.; Sande, V. 1986. Tomato cuttings for interplanting. *Groenten en Fruit* 41(43): 32-33.
- Hartmann, T. H.; Kester, E. D. 1988. *Propagación de Plantas*. Editorial Continental. México, D.F. Segunda Edición. 760 p.
- Juárez, L. G.; Sánchez, del C. F. y Contreras, M. E. 2000. Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6 (1): 19-23.
- Resh, H. M. 2001. *Cultivos hidropónicos*. 5ta. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 p.
- Sánchez, del C. F. y Escalante, R. E. 1988. *Hidroponía*. 3ra. Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.
- Sánchez, del C. F.; Moreno, P. E. Del C.; Coatzín, R. R.; Colinas, León Ma. T. y Peña, L. A. 2010. Evaluación agronómica y fisiotécnica de cuatro sistemas de producción en dos híbridos de jitomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16 (3): 207-214.
- Sánchez, del C. F. y Ponce, O. J. 1998. Densidades de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 4(2):89-94.
- Sánchez, del C. F. y Santos, M. J. 2003. Densidades de población, arreglos de dosel y despuntes en jitomate cultivado en hidroponía bajo invernadero. *Fitotecnia Mexicana* 26(4):257-262.
- SAS. 2004. *Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide*. Versión 8.1. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- Tadeo, R. F. 2000. Fisiología de las plantas y el estrés. En: Azcón-Bieto, J. y Talón M. *Fundamentos de fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. Pp. 481-498.
- Ucan I. Chan F., Sánchez del C.; E. Contreras Magaña y T. Corona S. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en jitomate. *Fitotecnia Mexicana* 28(1): 33-38.
- Wien H.C. 1999. Transplanting. In: Wien, H. C. (ed.). *The Physiology of Vegetable Crops* pp. 37-68. CABI Publishing, Co. Cambridge, Inglaterra.



MAGUEY PULQUERO (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck): OPCIÓN PARA DESARROLLO RURAL

PULQUE MAGUEY (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck): AN OPTION FOR RURAL DEVELOPMENT

Narváez-Suárez, A.U.¹; Jiménez-Velázquez, M.A.¹; Martínez-Saldaña, T.¹; Cruz-Galindo, B.²

¹Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, México. ²Postgrado en Economía, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, México.

*Autor responsable: narvaez.alberto@colpos.mx

RESUMEN

El maguey pulquero (*Agave salmiana*) se reproduce en el altiplano mexicano, su cultivo y aprovechamiento se remontan a la época prehispánica. Se adapta a condiciones climáticas difíciles y proporciona variedad de productos y servicios ambientales. Históricamente se designa al maguey como la planta más antigua de México. Se determinaron cuáles son las causas que han llevado al borde de extinción a la planta de maguey en la región y analizó si el aprovechamiento integral del maguey es una opción viable que puede contribuir al desarrollo en una comunidad rural de Veracruz, México, registrando como resultados que el aprovechamiento del maguey pulquero es rentable y una opción factible para el desarrollo del ejido, por sus impactos económicos y sociales.

Palabras clave: Pulque, magueyes, Veracruz, agroindustria.

ABSTRACT

Pulque maguey (*Agave salmiana*) is reproduced in the Mexican highlands; its cultivation and exploitation date back to Pre-Hispanic times. It adapts to different climate conditions and provides a variety of environmental products and services. Historically, maguey is designated as the most ancient plant in México. The causes that led to the near extinction of the maguey plant in the region were determined, and it was analyzed whether the integral exploitation of maguey is a viable option that can contribute to the development of a rural community in Veracruz, México, showing as results that the exploitation of pulque maguey is profitable and a feasible option for the development of the ejido, because of its economic and social impacts.

Keywords: Pulque, maguey, Veracruz, agro-industry.



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre, 2016. pp: 56-62.

Recibido: noviembre, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

La palabra agave significa “*admirable*” en griego, y sus especies se ubican en la familia Agavaceae. Se desarrolla en forma natural en el continente americano. Se encuentran agaves desde Alberta, Canadá; Dakota del Norte en Estados Unidos, México, Centroamérica y hasta el sur en Venezuela, las Guayanas, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Paraguay; también crece en las islas del Caribe (García, 1992). En el Continente Americano se reportan aproximadamente 310 especies, y 272 en México que es considerado centro de origen del género con 88% de las especies (Granados, 1993). Su verdadera zona de producción es más fría que templada y se desarrolla entre 2,200 y 2,700 m. Es una planta que resiste las prolongadas sequías e inclemencias de las zonas semiáridas de los estados de Hidalgo, Tlaxcala, México y Puebla en donde muchas veces solo llueve una vez al año pero en cambio las heladas son muy fuertes y frecuentes en las estaciones de otoño e invierno (Macedo, 1950). Esta planta ha sido utilizada desde tiempos muy antiguos como fuente de alimento, bebida, vestido, uso religioso, ornato, muebles, herramientas, medicina y construcción, entre otros. Hay indicios de que “la coexistencia del hombre mesoamericano y los magueyes prevalece desde hace 10,000- 8,000 años a.C., como lo atestiguan restos de hojas mascadas y fibras encontradas en cuevas de Coahuila y el Valle de Tehuacán” (García, 1992). Metl era el nombre genérico náhuatl que recibían los agaves, a los que los españoles denominaron maguey. El *Octli* o pulque era la bebida por excelencia relacionada con todos los aspectos de la vida diaria, festiva, sagrada y profana de los indígenas (Corcuera, 2013). Pulque se deriva de *polihqui*, voz indígena que significa “vino descompuesto o corrompido” con el cual los indígenas denominaban al pulque de mala calidad que no era apto para beberse, sin embargo los españoles debieron escuchar este término y optaron por nombrar a la bebida pulque, con el cual se conoce hasta nuestros días. Entre los aztecas, la encarnación divina del agave era Mayahuel (Fournier y Mondragón, 2012). En la conquista se introdujeron nuevas plantas y animales que notablemente modificaron la dieta, los cultivos y el paisaje de México, extinguiéndose muchas especies. “Particularmente la introducción de la ganadería europea tuvo efectos devastadores a largo plazo, algunos especulan que la introducción de flora y fauna europea causó la extinción de más especies en los últimos 400 años que lo que hubiera logrado un proceso natural de evolución en un millón de años” (McClung de Tapia y Sugiyama, 2012). El maguey que hasta entonces había sido fundamental en la dieta y modo de vida de los pueblos del altiplano no escapó a esta situación, a pesar de seguirse cultivando y aprovechando sus múltiples productos por la población indígena, no era una planta del agrado de los conquistadores, principalmente por los religiosos. Así, el maguey pulquero pasó a convertirse en un cultivo “proscrito por las élites dominantes de la Nueva España, su existencia física permitía a los indígenas mantener vigentes sus creencias religiosas, su cultivo fue casi clandestino, económicamente marginal y solo cobró importancia comercial hasta la consolidación de las haciendas durante los siglos XVIII y XIX” (Castro, 2006). Durante el periodo del Porfiriato

con la aparición del ferrocarril, el pulque pudo distribuirse a otros lugares lejanos a los centros de producción, porque en pocas horas podía llegar a nuevos destinos, su consumo llegó a ser tan grande que surgió una importante industria pulquera y sendos monopolios, como la Compañía Expendedora de Pulques S.A., que agrupó hacendados y empresarios de la Ciudad de México, Hidalgo, Tlaxcala y el Estado de México, siendo el más poderoso, lo encabezó Ignacio Torres Adalid, conocido como “el rey del pulque” (Ramírez, 2000). En la misma época iniciaron una serie de campañas antialcohólicas por parte de grupos religiosos apoyados por periódicos, políticos, médicos e incluso ideólogos. Esta campaña continuó durante la Revolución Mexicana donde la destrucción de vías del ferrocarril y los constantes sitios sobre la ciudad de México, principal centro consumidor de pulque pusieron en jaque a la industria pulquera (Madrigal, García y Velázquez, 2014). En el gobierno carrancista continuaron estas campañas, pues se vinculaba a la aristocracia pulquera con el régimen porfirista, la persecución sobre los empresarios pulqueros fue de tal magnitud que muchos huyeron al extranjero y perdieron mucho dinero, toda esta presión dio como resultado la disolución de los monopolios pulqueros. Así comenzaron a descuidarse las plan-

taciones magueyeras e inició el fin de lo que fue una gran industria pulquera. Al consolidarse la reforma agraria en 1930 y disolverse poco a poco las haciendas, el cultivo de maguey



acentuó su proceso de abandono y las tierras sembradas con maguey comenzaron a degradarse. Por otra parte, desde la década de 1960 surgió una disminución en la demanda de pulque debido a un crecimiento del consumo de cerveza (Muñiz *et al.*, 2013). Las compañías cerveceras, sabedoras del atractivo mercado del pulque en México, no dudaron en intentar apropiarse de esa clientela ni escatimaron en recursos para ello. Tenían experiencia en campañas de mercadotecnia y contaron con el apoyo del estado mexicano que apoyó a la industria con la idea de que sería el motor de la economía. “A principios de 1970 se da el colapso de la industria del pulque, los estados de Hidalgo, México y Tlaxcala sufrieron una reducción en la producción de más del 60%, por el cambio en hábitos de consumo de bebidas alcohólicas, nulos procesos de industrialización, falta de normas de calidad y la escasa comercialización del pulque” (José y García, 2000). No obstante, los beneficios que reporta la planta, está en peligro, debido a su sobreexplotación y escaso cultivo. Diversos estudios reportan que en 1900 existían 100 millones de ejemplares, mientras que en la actualidad —refieren los productores de pulque— apenas se conservan 20 millones (Amador, 2008). En la zona de estudio, el ejido de San José de Los Molinos, Perote, Veracruz, México, las áreas que estaban cubiertas de maguey ahora se encuentran abandonadas o cultivadas con otros productos. El paisaje magueyero que distinguía a esta región así como otras del país, parece haber quedado en el pasado. Asimismo gran cantidad de expendios de pulque han desaparecido y la mayor parte de su superficie presenta suelos degradados (Moncada, 2014). En este contexto, se propuso analizar las causas que han llevado al borde de la desaparición en dicha región Veracruzana a la planta de maguey, y si su aprovechamiento integral es una opción viable que puede contribuir al desarrollo del ejido de San José de Los Molinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad de San José de Los Molinos está situada en el Municipio de Perote en el estado de Veracruz, tiene una población de 3,215 personas, localizada a 2,420 metros sobre el nivel del mar. Su clima es frío-seco, con heladas frecuentes, al igual que pequeñas lloviznas en invierno, la precipitación anual es de 493.6 milímetros. Su régimen pluviométrico es parecido al semidesértico, presentando lluvias continuas entre julio y septiembre. La temperatura media anual registrada es de 14 a 16 °C. (INEGI, 2009). El ejido cuenta con una superficie de 800 hectáreas de tierra de labor y 800 de bosque de

coníferas, se fundó en el año de 1940, según versiones de los propios ejidatarios. Las del ejido de San José de Los Molinos pertenecían a la Hacienda Señor San José y Nuestra Señora de Belém de la Sierra de Agua, la cual data del siglo XVIII. A raíz de la reforma agraria, estas tierras pasaron a mano de los ejidatarios y los antiguos dueños de la hacienda emigraron. La investigación se aborda con un enfoque mixto conjuntando métodos cuantitativos y cualitativos (Hernández Sampieri *et al.*, 2010). Se aplicaron técnicas de investigación social a través de observaciones y entrevistas abiertas, así como el método etnográfico. Se visitaron haciendas pulqueras, tinacales y pulquerías. Se recorrieron campos magueyeros en compañía de tlachiqueros para conocer el proceso de elaboración del pulque y los cuidados de la planta. Se realizaron entrevistas con empresarios magueyeros y con expertos en el tema (primavera-verano 2015).

Se aplicó una encuesta con preguntas cerradas a los ejidatarios de la comunidad de Los Molinos, con datos proporcionados por los mismos productores, el ejido cuenta con 103 ejidatarios (agosto de 2015), quienes representaron la población de estudio. Se utilizó el muestreo simple aleatorio el cual consiste en que cada miembro de la población tenga una oportunidad igual e independiente de ser seleccionado (Infante y Zarate de Lara, 1990). Al tomar en cuenta la población objeto de estudio, se procedió a calcular el tamaño de la muestra con la fórmula siguiente:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N p q}{\delta^2 (N - 1) + Z_{1-\alpha/2}^2 p q}$$

Se levantaron 50 encuestas para que el estudio fuera estadísticamente representativo y con los resultados se pudiera inferir al resto de la población. Para el análisis estadístico se utilizó el Statistical Package for Social Sciences (SPSS versión 15.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por lo general, se tiene la idea falsa de que el maguey es una planta adaptada a condiciones climáticas y edáficas extremas, no requiere de cuidados para su cultivo y que basta con sembrarla y esperar por lo menos dos décadas para su producción. Sin embargo, el maguey puede tratarse como cualquier otro cultivo, requiere de cuidados que permiten su aprovechamiento en menor tiempo, lo cual hace que una plantación comercial pueda

comenzar a dar frutos con todo su potencial en menos años. Las labores realizadas en una plantación comercial de magüey se dividen en tres etapas como se muestra en la Figura 1.

Una finca de magüey con estos cuidados desde su plantación es aprovechable en ocho años con todo su potencial, porque se puede obtener desde planta hasta pulque o productos industrializados, aunque desde los tres años se pueden aprovechar sus hijuelos para venta o trasplante así como las pencas. El ahorro de tiempo es considerable, una planta sin los debidos cuidados se aprovecha hasta 20 o más años dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas del lugar, existen plantas que se aprovechan hasta los 40 años de edad. También las plantas utilizadas para cercas y linderos requieren de los mismos cuidados si se desea aprovechar el magüey en menor tiempo y crecer hacia una plantación comercial. El manejo de viveros es similar, se plantan hijuelos desde cinco meses a un año, una vez que tienen un metro de altura se trasplantan al lugar definitivo donde maduraran hasta que se aprovechen. En terrenos con pendiente se realizan las mismas labores, pero la distribución de la plantación y cantidad de plantas variará dependiendo del porcentaje de la pendiente, tamaño del terreno, disponibilidad de recursos, accesibilidad, etcétera, y la plantación se realiza siguiendo las curvas de nivel para evitar la pérdida de suelo (Nieto *et al.*, 2013).

Situación del magüey en el ejido

De los ejidatarios encuestados 42% tiene magüey pulquero y el 58% restante ya no cuenta con esta planta en sus tierras. Al cuestionar a los ejidatarios sobre las causas que han llevado a que la planta esté disminuyendo de manera constante, la extracción de tepezil es la principal causa por la cual los ejidatarios no cuentan con magüey en sus parcelas, al aprovechar el mineral la maquinaria arrasa con todo y posteriormente los campesinos no volvieron a replantar magüey. El 13.8 % de los ejidatarios



Figura 2. Recorrido por campos con magüey pulquero (*Agave salmiana*).

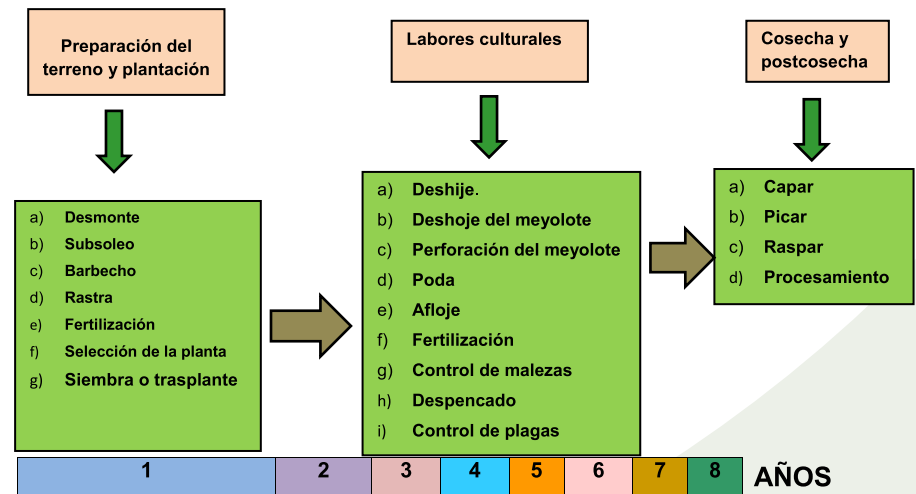


Figura 1. Proceso de cultivo del magüey pulquero (*Agave salmiana*) en una plantación comercial. Fuente: Adaptado de Nieto A.R. (2013); Reynoso-Santos R. (2012) y Macedo E.M. (1950).

afirma que ellos acabaron con la planta de magüey porque estorbaba en los campos, así podían aprovechar más terreno para sembrar. El robo de mixiote (epidermis de la hoja del magüey) es un factor que desincentiva la siembra de magüey en gran parte del altiplano mexicano, pero en este ejido a pesar de que si es considerado un problema, solo 3.4% de los ejidatarios lo consideró determinante para la disminución del inventario. En la comunidad de Los Molinos la principal actividad económica es la producción de block conocido en otros lugares como tabique. Este material se produce con base en el mineral conocido como tepezil, abundante en la región, se elabora con la mezcla del mineral con cemento y agua de manera manual con ayuda de una máquina revolvedora y una prensadora. El tepezil es un recurso no reno-

able.

vable, se encuentra bajo la capa de suelo que es aprovechable para uso agrícola o forestal, para su explotación los empresarios tepezileros hacen uso de maquinaria pesada, la cual retira capa de suelo para dejar al descubierto los bancos de tepezil que pueden alcanzar hasta 15 metros de profundidad donde extraen miles de toneladas de este mineral que se vende a fábricas de block de toda la región; así como a cientos de clientes de varias partes de la República Mexicana. Esta actividad ha dejado cárcavas y barrancos en el ejido de Los Molinos, en donde antes eran tierras de cultivo, acabando con toda la vegetación a su paso incluyendo árboles, arbustos y maguey.

Por otra parte, ejidatarios que aún cuentan con maguey poseen en promedio 173 plantas, tomando en cuenta que el tamaño medio de propiedad es de 5.71 hectáreas por ejidatario, se tiene entonces que la media es de 30 plantas por hectárea. El mínimo de plantas encontrado es de 10, existe un ejidatario que posee aproximadamente 600. Este último posee ocho hectáreas y tiene un promedio de 75 plantas ha⁻¹. En el ejido no existen plantaciones comerciales de maguey y el inventario actual de planta está lejos de acercarse ya que una plantación comercial tiene desde 1000 a 3000 plantas ha⁻¹.

De los ejidatarios, aún produce pulque el 6%, en el pasado el porcentaje de ejidatarios que realizaba esta actividad era mayor pero con el paso del tiempo se ha ido perdiendo esta costumbre. El uso más recurrente de la planta es como cerca y lindero, 95% de los productores lo utiliza para este fin; el restante 5% tiene un número reducido de plantas. El 14% aún utiliza la planta en ciertas ocasiones para la elaboración de barbacoa. De la gran cantidad de usos que tiene el maguey, quienes utilizan la penca para barbacoa lo hacen muy pocas veces y para el autoconsumo, no existen negocios de venta con penca de maguey. Existen únicamente cuatro lugares donde aún se vende pulque al público, tampoco el mixiote se aprovecha para preparar platillos. A diferencia de otros lugares del altiplano donde la planta se utiliza como forraje para animales, en la construcción, preparación de

alimentos y aprovechamiento de la fibra, se observa que aquí a la mayoría de los ejidatarios no le interesa conocer todos los usos potenciales que proporciona el maguey en forma primaria como se ha aprovechado en México desde hace miles de años, sin pasar por procesos de industrialización. Por otra parte se tiene un desconocimiento en torno al potencial del maguey ya que la

mayoría de los ejidatarios piensa que únicamente sirve como lindero y para elaborar pulque. Según opinión de los ejidatarios, los principales problemas que existen en torno al cultivo de maguey son: robo de la penca y mixiote; así como la falta de recursos y capacitación para la adquisición y cultivo de la planta. En el estado de Veracruz no existe una ley de protec-

ción al maguey como en otras entidades del altiplano mexicano, que castigan a los infractores que roban la penca y el mixiote. Este problema ha llegado hasta el municipio de Perote, la mayoría de productores se quejan de ello, catalogan el robo de penca y mixiote como una de las principales dificultades en torno al cultivo de la planta, llegan individuos de otras entidades a saquearla aprovechando que en este estado no hay posibilidad de que sean sancionados al no existir una legislación al respecto.

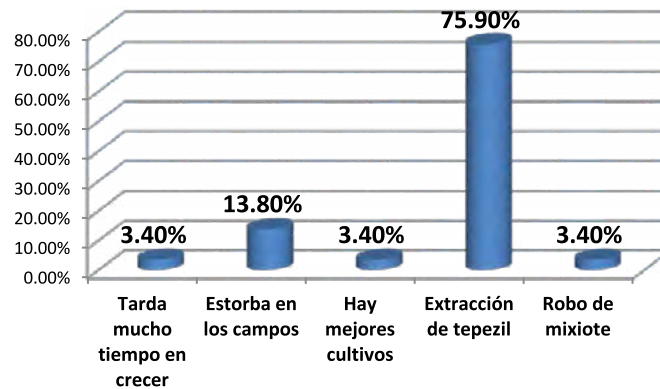


Figura 3. Motivos que incidieron en la disminución de maguey (*Agave salmiana*). Fuente: Investigación propia, 2015.



Figura 4. Tlachiquero utilizando acocote en la raspa de maguey pulquero (*Agave salmiana*).

Los precios que los mayoristas ofrecen a los productores son bajos, una planta de uno a dos años es adquirida a \$2 pesos por los acaparadores en Perote, mientras que en otros lugares la revenden de entre \$6, \$8, \$10 e incluso \$50, dependiendo del tamaño y cantidad de plantas. Una planta mediana (0.8-1 m de altura) se puede vender desde \$35.00 hasta \$80.00 en otros estados mientras que en Perote la pagan a \$2.00. La penca llegan a pagarla a \$10.00 y \$15.00 la docena en Perote, pero cada penca se llega a vender hasta en \$10.00 y \$15.00 en el estado de Hidalgo, a \$25.00 en el Estado de México y en el Distrito Federal llega a superar los \$30.00 una sola penca. Se sugiere que los productores se unan e integren una red de valor donde los beneficios de los productos y subproductos de la planta se repartan de manera equitativa entre los miembros de la red. Además esta unión fortalecería a todo el sistema producto magüey.

En la red de valor los productores unidos a través de una asociación pueden lograr mejores condiciones de negociación tanto de venta de sus productos como de compra de insumos y conseguir apoyos de programas de gobierno con los cuales incrementar la siembra para aprovechar todo lo que se puede obtener de la planta de magüey. Dentro de la red de valor se recomienda que los propios productores conformen un centro de acopio con tecnología apropiada para procesar otros productos como miel de magüey, pulque envasado e inulina. De esta manera, la unión podría colocar algunos pro-

ductos directamente al consumidor final (aguamiel y pulque). Otros productos llegarían al consumidor final a través del centro de acopio (pencas y planta). Los intermediarios son necesarios para colocar algunos productos con mayor valor agregado como la miel de magüey que puede distribuirse a través de tiendas naturistas a diferentes partes de la República Mexicana. Para ello, es necesario que la unión de productores certifique y estandarice sus productos (miel, pulque e inulina) con una marca propia que pueda posicionarse en el mercado.

CONCLUSIONES

El cultivo de magüey pulquero, aprovechado de manera integral puede ser opción económica que puede contribuir al desarrollo de las comunidades rurales con condiciones para su cultivo. En el lado económico es viable, de acuerdo al análisis financiero realizado, una hectárea de magüey pulquero aprovechando todo lo que se puede obtener de la planta, genera una serie de ingresos que posicionan al

magüey como un cultivo rentables del sector agropecuario y contribuye a dinamizar las economías locales. Esta planta puede detonar la aparición de empresas dedicadas a la agroindustria, los productos derivados pueden industrializarse y comercializarse de manera exitosa. El aprovechamiento del magüey pulquero puede representar un negocio ambientalmente sostenible y financieramente adecuado.

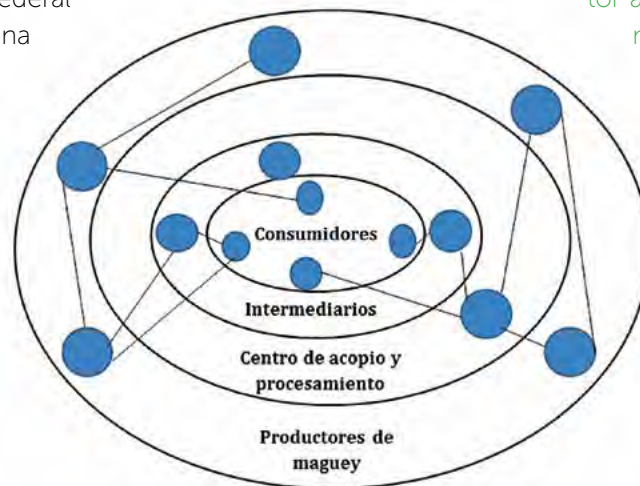


Figura 4. Propuesta de red de valor para productores de magüey pulquero (*Agave salmiana*).

LITERATURA CITADA

- Amador M.L. 2008. "Pulque y magüey, en peligro de extinción". Contralínea Hidalgo. Año 3. Número 30. 2 p.
- Castro P.F. 2006. Colapsos ambientales, transiciones culturales. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 475 p.
- Corcuera de Mancera S. 2013. El fraile, el indio y el pulque: evangelización y embriaguez en la Nueva España (1523-1548). Fondo de Cultura Económica. México. 309 p.
- Fournier G.P. y Mondragón B.L. 2012. "Las bebidas mexicanas. Pulque, mezcal y tesgüino". Arqueología Mexicana. Volumen XIX, número 114, Marzo – Abril de 2012, pp. 53-59.
- García M.A. 1992. Con sabor a magüey. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 114 p.
- Granados S.D. 1993. Los Agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 180 p.
- Hernández S.R., Fernández C.C., Baptista L.P. 2010. Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill. Perú. 601 p.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Perote, Veracruz de Ignacio de la Llave. 9 p.
- Infante G.S., Zarate de Lara G.P. 1990. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. México: Editorial Trillas. 643 p.

- José J.R., García M.E. 2000. Remoción Cuticular ("Mixiote") y Desarrollo Foliar en los Agaves Pulqueros (*Agave Salmiana* y *A. Mapisaga*). Boletín de la Sociedad Botánica de México, núm. 66. Pp. 73-79
- Lima Muñiz L. 1977. "Dos haciendas veracruzanas en el siglo XIX". Estudios de historia moderna y contemporánea de México. IIH-UNAM. Volumen 6. Pp.69-96.
- Madrigal L.R., García M.E., Velázquez L.A. 2014. El maguey: cultivo y cultura. El maguey y el pulque en la región central de México. México: Gobierno del Estado de Tlaxcala. Fideicomiso Colegio de Historia de Tlaxcala. pp.137-157.
- Macedo E.M. 1950. Manual del magueyero. México: Bartolomé Trucco Editor. 157 p.
- McClung de Tapia, E., Sugiyama N. 2012. El uso de algunas plantas y animales en el pasado y en el presente. Conservando la diversidad biocultural de México. Arqueología Mexicana. Volumen XIX, número 114, Marzo – Abril de 2012, pp. 20-25.
- Moncada de la Fuente J. 2014. "Las instituciones de educación e investigación para el sector agropecuario". Agroproductividad. Volumen 7, número 6, noviembre-diciembre 2014, pp. 66-70.
- Nieto A.R., Reynoso G.A., Cruz R.A., González G.J. 2013. El cultivo de maguey pulquero. Universidad Autónoma Chapingo. México. 92 p.
- Muñiz M.D., Rodríguez J.R., Rodríguez H.R., Contreras E.J., Aguilar G.C. 2013. Producción Artesanal del Agumiel: Una Bebida Tradicional Mexicana. Acta Química Mexicana. Volumen 5, No 10. Pp. 12-19.
- Ramírez R.M. 2000. Ignacio Torres Adalid y la industria pulquera. Plaza y Valdés Editores. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. México. 356 p.
- Reynoso-Santos R. 2012. Identificación taxonómica de agaves (*Agave* spp) utilizada para la elaboración del licor comiteco en Chiapas, México. Agroproductividad. Volumen 5. Número 4, julio-agosto, pp. 9-17.



USO DE LAS TRAMPAS TDB-1107 PARA RECOLECTAR INSECTOS EN CITRICOS

USE OF TDB-1107 TRAPS TO COLLECT INSECTS IN CITRUS PLANTS

Castillo-Flores, P.M.^{1*}; Varela-Fuentes, S.E.¹; Martínez-Sánchez, I.²

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149. ²Instituto de Ecología Aplicada, División del Golfo #356, Col. Libertad, 87019 Cd. Victoria, Tamaulipas.

Autor responsable: mvz_roja@hotmail.com

RESUMEN

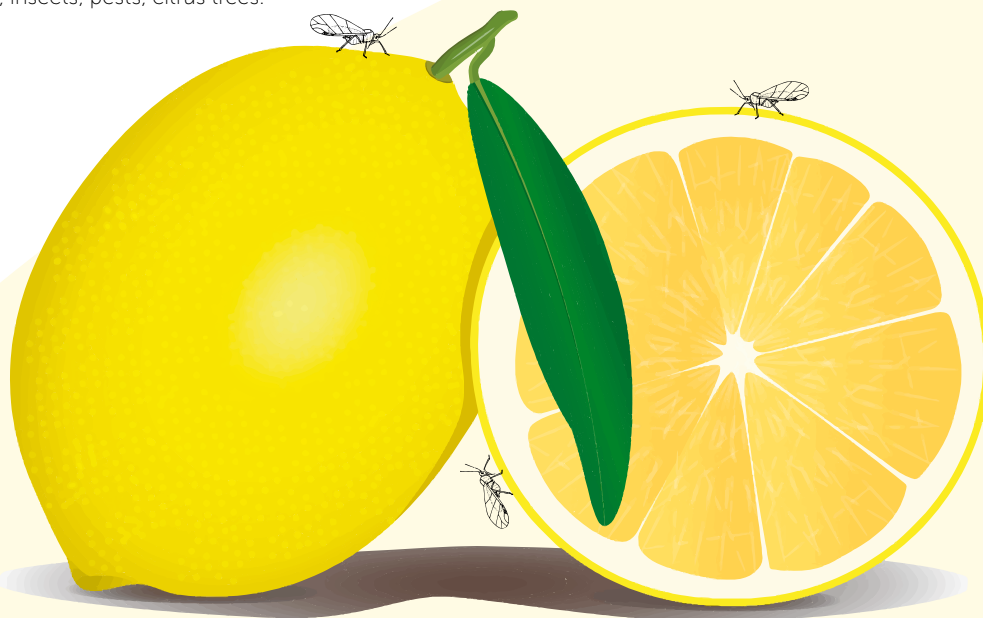
En un estudio efectuado en cinco ejidos de Padilla, Tamaulipas, México, con 20 trampas de luz ultravioleta TDB-1107 colocadas en huertas cítricas ejidales, se recolectaron 5,436 especímenes de 13 órdenes y 68 familias de insectos, principalmente coleópteros y lepidópteros. Se obtuvieron 666 individuos de gallinas ciegas (*Phyllophaga* spp.) así como, algunas plagas secundarias de los cítricos (*Citrus* spp.) como la chinche verde apestosa, la chiva de los cítricos y el picudo verde de los cítricos.

Palabras clave: trampas de luz negra, insectos, plagas, cítricos.

ABSTRACT

In a study performed in five ejidos in Padilla, Tamaulipas, México, with 20 TDB-1107 ultraviolet light traps placed in ejido citrus plantations, 5,436 specimens were collected of 13 orders and 68 families of insects, primarily Coleoptera and Lepidoptera. The following were obtained: 666 individuals of scarab beetles (*Phyllophaga* spp.), as well as some secondary pests of citrus trees (*Citrus* spp.) such as the small green stink bug, citrus chiva, and the citrus root weevil.

Keywords: black light traps, insects, pests, citrus trees.



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre. 2016. pp: 63-67.

Recibido: mayo, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

Existen diversos tipos de trampas, algunas con el propósito de recolectar la entomofauna presente y otras con fines específicos como la trampa Mc Phail para las moscas de la fruta de la familia Tephritidae o las trampas pegajosas amarillas para los pulgones y otros homópteros. Las trampas de luz negra (TLN) permiten detectar la entomofauna con hábitos nocturnos o crepusculares presente en las huertas. Los árboles frutales más importantes de México son los cítricos (*Citrus* sp.), se cultivan en más de 544,000 hectáreas y su producción anual es de 6.7 millones de toneladas (Varela *et al.*, 2013). Las naranjas (*Citrus sinensis*), toronjas (*Citrus × paradisi*), mandarinas (*Citrus × tangerina*) y limones (*Citrus × limon*), en sus diferentes variedades, son los principales cultivos. Además, la citricultura provee de trabajo directo a miles de familias mexicanas. La citricultura es un agroecosistema que, en el caso de los insectos, incluye plagas, depredadores y parasitoides, además de una gran cantidad de especies de diversas familias de las que no se conoce su función en las huertas, tal como lo reportan Ruíz *et al.* (2005) para Tamaulipas, México. En Florida, Estados Unidos, los adultos del flátido de los cítricos (*Metcalfa pruinosa*) (Say) (Hemiptera: Flatidae) son capturados en trampas de luz negra. Esta plaga ha sido detectada también en Mission, Texas, en la frontera con Tamaulipas (Mead, 2014). En El Salvador se utilizan con éxito las trampas de luz negra para control de los adultos de gallina ciega de los géneros *Phyllophaga*, *Cyclocephalla* y *Anomala* (Coleoptera: Scarabaeidae), funcionando de 6:00 am, a 9:00 pm durante el periodo de actividad de los adultos, en cítricos y otros frutales (Sermeño *et al.*, 2005). En Colombia se probaron las trampas de luz negra para el monitoreo del picudo de los cítricos *Compsus* sp. (Coleoptera: Curculionidae) pero no funcionaron (Cano *et al.*, 2002). Esta situación ya se había observado en Florida, Estados Unidos, con el picudo de la caña de azúcar (*Diaprepes abbreviatus*), donde las trampas de luz casi no fueron atrayentes para los adultos (Beavers, 1982). Estudios realizados con trampas de luz negra en países como Chile, incluyeron monitoreo de la chinche apestosa (*Halyomorpha halys* Stål) (Pentatomidae) la cual es plaga de cítricos y otros cultivos (Anónimo, 2011). La trampa solar TDB-1107 se usa para control de plagas, y utiliza una lámpara de luz negra a una frecuencia de 365+/-50nm para atraer las plagas mientras tanto la rejilla metálica de alto voltaje, la cual concentra entre 3000 a 5000 v y recubre la bombilla fluorescente, al impactar dicha rejilla las plagas se electrocutan y la mayoría mueren. Estas lámparas cuen-

tan con paneles solares y cubren un gran rango de trabajo: en la agricultura, silvicultura, acuicultura, aplicado a muchas variedades de cultivos hortícolas, jardinería y huertos, además de muchas variedades de té (*Camelia sinensis*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), viñedos (*Vitis* spp.); también controlan insectos en zonas urbanas, industria hotelera campestre, recreos turísticos y áreas verdes. Algunas de las plagas que controla, coloquialmente conocidas son la mariposa de la col, palomilla de la papa, barrenador del tallo del arroz, gusano telarañero (en árboles), gusano cogollero, mariposa de la manzana y los gusanos trozadores. Además, los insectos atrapados en estas lámparas solares pueden servir para alimentar aves, peces y animales domésticos (Anónimo, s/a). Este es el primer reporte en México del uso de la trampa TDB-1107 para estudiar la entomofauna nocturna en cítricos. El objetivo de este trabajo fue reportar las familias, géneros y/o especies de insectos obtenidos con las TLN en huertas cítricas de Padilla, Tamaulipas, incluyendo algunas plagas específicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre septiembre y noviembre del 2014 se recolectaron insectos en 20 trampas de luz negra TDB-1107 en Padilla, Tamaulipas, México en huertas cítricas. Los insectos capturados se identificaron con claves. Este tipo de trampa funciona con energía solar y con rejillas de alto voltaje, por lo que el material suave como los lepidópteros, dípteros y algunos himenópteros se daña, siendo imposible determinar la mayoría; es posible que especies pequeñas de otros grupos hayan sido destruidas.

RESULTADOS

Se recolectaron insectos en 20 trampas de luz negra TDB-1107, obteniendo 5,436 especímenes de 68 familias y 13 órdenes, principalmente de Lepidoptera y Coleoptera (Cuadro 1). Se clasificaron dentro de 20 familias, 15 géneros y 13 especies determinadas de coleópteros; 14 familias, ocho géneros y siete especies determinadas de hemípteros, además de ocho familias, ocho géneros y tres especies determinadas de himenópteros. Las plagas obtenidas fueron el picudo de la raíz de los cítricos, dos especies de gallinas ciegas, gusano de alambre, chinche verde apestosa, chinche de patas laminadas, chicharras, chicharrita de alas cristalinas, salivazo de los pastos, chiva de los cítricos, grillo común, cucaracha americana, hormiga arriera, mosca doméstica, zancudos y los tábanos. Los parasitoides colectados fueron de las familias Ichneumonidae, Braconidae, Pompilidae, Scoliidae y Mutillidae (Hymenoptera) mientras que los depredado-

Cuadro 1. Insectos capturados en trampas de luz negra en Padilla, Tamaulipas, México, durante septiembre-noviembre, 2014.

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común | Número de especímenes |
|---------------|---|--|---------------------------------|-----------------------|
| Coleoptera | Curculionidae | <i>Pachnaeus litus</i> (Germar) | Picudo de la raíz de cítricos | 3 |
| | Scarabaeidae | <i>Strategus aloeus</i> (Linnaeus) | Escarabajo rinoceronte | 162 |
| | | <i>Scarabeus laticollis</i> Linnaeus <i>Canthon</i> sp. | Escarabajo pelotero | 32 1 |
| | | <i>Phyllophaga rugosa</i> (Melsheimer) | Gallina ciega | 516 |
| | | <i>Phyllophaga</i> sp. | Gallina ciega | 150 |
| | Lampyridae | <i>Photuris pennsylvanica</i> De Geer | Luciérnaga de Pennsylvania | 10 |
| | | <i>Photinus pyralis</i> (Linnaeus) | Luciérnaga oriental común | 10 |
| | Carabidae | Otros carábidos | Carábidos | 308 |
| | | <i>Omophron oblitteratum</i> Horn | | 1 |
| | | <i>Chlaenius sericeus</i> (Foerster) | | 1 |
| | Trogidae | | Trógidos | 50 |
| | Cerambycidae | | Cerambícidos | 157 |
| | Elateridae | <i>Melanotus fissilis</i> (Kirby) | Gusano de alambre | 50 |
| | | <i>Pyrophorus schottii</i> (LeConte) | | 1 |
| | Coccinellidae | <i>Cycloneda sanguinea</i> (Linnaeus) | Catarinita | 84 |
| | | <i>Olla-v-nigrum</i> (Mulsant) | Catarinita | 70 |
| | Bostrichidae | | Bostríquidos | 20 |
| | Meloidae | | Botijones | 60 |
| | Erotylidae | | Escarabajos de los hongos | 7 |
| | Dytiscidae | | Ditiscidos | 3 |
| | Hydrophilidae | | Hidrofílidos | 100 |
| | Chrysomelidae | | Catarinitas de las hojas | 2 |
| | Cicindellidae | | Cicindélidos | 6 |
| | Phengodidae | | Fengódidos | 4 |
| | Gyrinidae | <i>Gyrinus</i> sp. | Girínidos | 1 |
| | Brentidae | | Bréntidos | 1 |
| | Staphylinidae | | Estafilínidos | 1 |
| Tenebrionidae | <i>Glyptasida costipennis</i> (LeConte) | Tenebriónidos | 10 | |
| Hemiptera | Pentatomidae | <i>Nezara viridula</i> (Linnaeus) | Chinche verde apestosa | 190 |
| | Reduviidae | <i>Rasahus hamatus</i> (Fabricius) | Chinche asesina | 540 |
| | | <i>Rasahus biguttatus</i> (Say) | | 300 |
| | | <i>Sirthena carinata</i> (Fabricius) | Chinche asesina | 232 |
| | | <i>Stenopoda spinulosa</i> Giacchi | Chinche asesina | 200 |
| | | <i>Reduvius</i> sp. | Chinche asesina | 1 |
| | Alydidae | | Alídidos | 6 |
| | Cydnidae | | Cídnidos | 4 |
| | Lygaeidae | | Ligueidos | 6 |
| | Miridae | | Chinche de las hojas | 70 |
| | Coreidae | <i>Leptoglossus phyllopus</i> (Linnaeus) | Chinche de patas laminadas | 3 |
| | Cicadellidae | <i>Homalodisca coagulata</i> (Say) | Chicharrita de alas cristalinas | 10 |
| | | | Chicharritas verdes | 2 |
| | Cercopidae | | Salivazo | 1 |
| | Flatidae | | Flátidos | 5 |
| | Delphacidae | | Delfácidos | 2 |
| | Scutelleridae | | Escuteléridos | 1 |
| | Pyrohocoridae | <i>Dysdercus</i> sp. | Pirrocóridos | 1 |
| | Cicadidae | | Chicharras | 1 |



Cuadro 1. Continuación.

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común | Número de especímenes | |
|-------------|------------------|---|---|-----------------------|----|
| Hymenoptera | Ichneumonidae | <i>Thyreodon rivinae</i> Porter | Avispas parasitoides | 15 | |
| | | <i>Thyreodon</i> sp. | | 1 | |
| | | <i>Enicospilus</i> sp. | | 10 | |
| | | <i>Ophion</i> sp. | | 9 | |
| | | <i>Netelia</i> sp. | | 15 | |
| | | | <i>Cryptanura</i> sp. | | 1 |
| | | Formicidae | <i>Atta mexicana</i> (F. Smith) | Hormiga arriera | 53 |
| | | Apidae | <i>Apis mellifera</i> Linnaeus | Abeja mielera europea | 20 |
| | | Braconidae | <i>Zele</i> | Bracónidos | 2 |
| | Otros bracónidos | | 8 | | |
| | | Sphecidae | | Esfécidos | 1 |
| | Mutillidae | | Hormigas terciopelo | 1 | |
| | Pompilidae | | Pompílidos | 1 | |
| | Scolidae | | Escolíidos | 1 | |
| Lepidoptera | Noctuidae | | Noctuidos | 800 | |
| | Sphingidae | | Esfingidos | 400 | |
| | Arctiidae | | Arctíidos | 500 | |
| | Sesiidae | | Sesiidos | 1 | |
| | Yponomeutidae | <i>Atteva punctella</i> (Fitch) | Gusano telarañero del árbol de los dioses | 1 | |
| Orthoptera | Tettigonidae | <i>Microcentrum rhombifolium</i> (Sauss.) | Chiva de ala ancha | 35 | |
| | Gryllidae | <i>Gryllus assimilis</i> Linnaeus | Grillo común | 3 | |
| | Locustidae | | Chapulines | 2 | |
| Neuroptera | Corydalidae | <i>Corydalus cornutus</i> Linnaeus | Coridálidos | 58 | |
| | Chrysopidae | <i>Chrysoperla</i> sp. | Crisopas | 20 | |
| | Myrmeleontidae | | León de las hormigas | 2 | |
| | Mantispidae | | Mantispidos | 6 | |
| | Ascalaphidae | | Ascaláfidos | 1 | |
| Blattodea | Blattidae | <i>Periplaneta americana</i> Linnaeus | Cucaracha americana | 12 | |
| | Blatellidae | | Blatélidos | 4 | |
| Dermaptera | Forficulidae | | Tijerillas | 5 | |
| Diptera | Muscidae | | Mosca verde | 4 | |
| | | <i>Musca domestica</i> Linnaeus | Mosca doméstica | 5 | |
| | Syrphidae | | Moscas de las flores | 1 | |
| | Tabanidae | | Tábanos | 2 | |
| | Calliphoridae | | Califóridos | 2 | |
| | Bibionidae | | Bibiónidos | 2 | |
| | Culicidae | | Zancudos | 3 | |
| | Tipulidae | | Tipúlidos | 1 | |
| | Stratiomyidae | | Estratiómidos | 1 | |
| Odonata | Libellulidae | | Libélulas | 10 | |
| Mantodea | Mantidae | otras mantis | Mantis religiosa | 10 | |
| | | <i>Stagmomantis</i> sp. | | 5 | |
| Embioptera | | | Embiópteros | 4 | |
| Plecoptera | | | Plecópteros | 2 | |

res fueron de las familias Cicindellidae, Gyrinidae, Coccinellidae, Carabidae, Lampyridae, Dytiscidae (Coleoptera), Sphecidae (Hymenoptera), Reduviidae (Hemiptera), Corydalidae, Chrysopidae, Myrmeleontidae, Mantispidae (Neuroptera), Forficulidae (Dermaptera), Mantidae (Mantodea), Syrphidae (Diptera) y Libellulidae (Odonata) (Cuadro 1).

CONCLUSIONES

Las trampas TDB-1107 se usan normalmente para control de plagas en diversos cultivos y ambientes urbanos. Sin embargo, este primer trabajo realizado en México en huertas cítricas de Tamaulipas indica que también se pueden utilizar para coleccionar insectos con hábitos nocturnos, tanto plagas como parasitoides y depredadores.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. s/a. Lámpara solar TDB1107. <http://www.itrassac.com/archivo/productoeco/pdf/TDB1107.pdf> (consulta: 7/02/2015)
- Anónimo. 2011. Halyomorpha halys Stål 1855 (Hemiptera: Pentatomidae) o chincheapestoso. <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/halyomorpha-halys> (consulta: 7/02/2015).
- Beavers J.B. 1982. Biology of Diaprepes abbreviatus (Coleoptera: Curculionidae) reared on an artificial diet. Florida Entomologist 65 (2): 263-270.
- Mead F.W. 2014. Citrus Flatid Planthopper, Metcalfa pruinosa (Say) (Insecta: Hemiptera: Flatidae). University of Florida, IFAS extensión. Pub #EENY329.
- Ruiz C.E., Coronado J.M.B., Myartseva S.N. 2005. Plagas de cítricos y sus enemigos naturales en el Estado de Tamaulipas, México. Entomología Mexicana 4: 931-936.
- Sermeño J.M., Rivas A.W., Menjivar R.A. 2005. Guía técnica de las principales plagas artrópodos y enfermedades de los frutales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador. 82 pp.
- Varela F.S.E., Orozco M.S., Torres R.I.A., Silva G.L.A. 2013. Guía técnica para la identificación y manejo de plagas y enfermedades en cítricos. UAT y Fundación Produce Tamaulipas. México. 428 pp.



INSECTICIDAS EN LA TRANSMISIÓN DEL VIRUS DE LA MANCHA ANULAR DE *Carica papaya* L., MEDIANTE *Aphis nerii* (Boyer de Fonscolombe)

INSECTICIDES USED IN THE TRANSMISSION OF THE RINGSPOT VIRUS OF *Carica papaya* L., THROUGH *Aphis nerii* (Boyer de Fonscolombe)

Osorio-Acosta, F.¹; Villanueva-Jiménez, J.A.^{1*}; Celis-León, B.²; Morales-Rodríguez, A.²; José-Pablo, R.¹



¹Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km. 88.5 carretera federal Xalapa-Veracruz, Tepetates M. Fabio Altamirano, Veracruz, México. ²Instituto Tecnológico Agropecuario de Úrsulo Galván, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: javj@colpos.mx

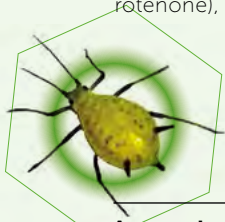
RESUMEN

El virus de la mancha anular del papayo (PRSV-p) es transmitido de forma no-persistente por hembras de *Aphis nerii* y otras especies de áfidos (Hemiptera: Aphididae). Se ha cuestionado la efectividad de la aplicación de insecticidas para reducir la transmisión viral. Se realizaron pruebas de transmisión viral con hembras adultas de *A. nerii* en laboratorio, sobre plantas de papayo (*Carica papaya*). Se utilizaron 1, 2, 5 y 10 hembras adultas aladas y ápteras de *A. nerii*. Se determinó la presencia del PRSV-p mediante la prueba de ELISA. Se evaluó el efecto de seis insecticidas/acaricidas con diferentes modos de acción (malatión, deltametrina, imidacloprid, óxido de fenbutatín, pymetrozine y rotenona), en la transmisión viral y mortalidad de áfidos. Los productos formulados se aplicaron a plantas de papayo a las dosis más bajas recomendadas; posteriormente se expusieron a los áfidos inoculativos por 24 h. La fitotoxicidad se registró visualmente en laboratorio. No presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la transmisión viral entre áfidos alados o ápteros. La mayor transmisión (75% a 80%) se obtuvo con 10 adultos y la menor (15% a 20%) con un adulto. Las transmisiones significativamente más bajas se obtuvieron al usar pymetrozine (19%) y rotenona (29%), mientras que las mayores fueron con deltametrina (81%) y malatión (66%). El imidacloprid y malatión ocasionaron 100% de mortalidad a 24 h, mientras pymetrozine y óxido de fenbutatín produjeron la mortalidad más baja (46%). Rotenona ocasionó fitotoxicidad en hojas de papaya. Pymetrozine tiene potencial en la prevención de transmisión viral no-persistente.

Palabras clave: papayo, VMAP, fitotoxicidad, insecticida botánico, áfidos, potyvirus.

ABSTRACT

The papaya ringspot virus (PRSV-p) is transmitted in a non-persistent way by females of *Aphis nerii* and other aphid species (Hemiptera: Aphididae). The effectiveness of the application of insecticides to reduce viral transmission has been questioned. Viral transmission tests have been performed with adult females of *A. nerii* in the laboratory, on papaya plants (*Carica papaya*). One, two, five and ten winged and wingless female adults of *A. nerii* were used. The presence of the PRSV-p was determined through the ELISA test. The effect of six insecticides/acaricides with different modes of action was evaluated (malathion, deltamethrin, imidacloprid, fenbutatin oxide, pymetrozine and rotenone), on the viral transmission and mortality of aphids. The products formulated were applied to papaya trees



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre. 2016. pp: 68-74.

Recibido: mayo, 2016. **Aceptado:** octubre, 2016.



at the lowest recommended dose; later, they were exposed to the inoculating aphids for 24 h. The phytotoxicity was recorded visually in the laboratory. No significant differences were found ($p < 0.05$) in the viral transmission between winged or wingless aphids. The greatest transmission (75 % to 80 %) was obtained with 10 adults and the lowest (15 % to 20 %) with one adult. The significantly lowest transmissions were obtained by using pymetrozine (19 %) and rotenone (29 %), while the highest were with deltamethrin (81 %) and malathion (66 %). Imidacloprid and malathion caused 100 % mortality at 24 h, while pymetrozine and fenbutatin oxide produced the lowest mortality (46 %). Rotenone caused phytotoxicity in papaya leaves. Pymetrozine has potential in the prevention of non-persistent viral transmission.

Keywords: papaya tree, PSRV-p, phytotoxicity, botanical insecticide, aphids, potyvirus.

INTRODUCCIÓN

El virus de la mancha anular del papayo (PRSV-p) es transmitido en campo por las hembras aladas de varias especies de áfidos (Hemiptera: Aphididae). En la zona Central Costera del estado de Veracruz, México, la transmisión del PRSV-p la realiza *Myzus persicae* Sulzer, *Aphis gossypii* Glover, *A. nerii* Boyer de Foscolombe, y *A. spiraecola* Match (García et al., 1988). En condiciones de laboratorio se utilizan las hembras adultas ápteras para estudios de transmisión viral, ya que son más fáciles de manipular. Sin embargo pocos estudios comparan la eficiencia de transmisión viral entre ambas formas adultas de áfidos. Además, los índices de transmisión viral pueden ser utilizados en modelos epidemiológicos que incluyan la interacción del vector, el virus y la planta, así como la productividad del cultivo (Gilligan y Van Den Bosch, 2008).

El manejo integrado del PRSV-p se centra en diversas estrategias de reducción de la propagación del virus mediante el control del áfido. Se han evaluado diferentes tácticas como la protección del vivero con malla antiáfidos y mallas de polipropileno (Hernández-Castro et al., 2005a; Cabrera et al., 2011), el uso de barreras vegetales como plantas trampa (Hernández-Castro et al., 2010), la

eliminación de plantas con síntomas iniciales del PSRV-p (Hernández-Castro et al., 2004), la búsqueda de plantas resistentes o tolerantes (Yi-Jung et al., 2009), aumento en la densidad de plantación (Hernández et al., 2007), así como el uso de aceites minerales (Hernández et al., 2000) e insecticidas organosintéticos y de origen vegetal (Hernández-Castro et al., 2005b) para prevenir la transmisión viral. A pesar de que el manejo integrado del papayo se ha incorporado en la producción en diferentes regiones del cultivo, persiste el abundante uso de insecticidas que pretende el control del virus (Hernández et al., 2000). Para que un producto químico sea efectivo en reducir la transmisión viral no-persistente, se debe aplicar cuando el vector inicia el descubrimiento y evaluación de la planta, antes de iniciar el probado con sus estiletes (Perring et al., 1999). A nivel de campo, se ha observado que insecticidas neuroestimuladores como los organofosforados y carbamatos, no han sido efectivos para el control del PRSV-p. Perring et al. (1999) citan que de 48 casos que reportan fallas en el control de la dispersión de virus mediante insecticidas, 32 fueron con virus no-persistentes; las excepciones a esta alta tasa de fracasos han sido con el uso de piretroides, aceites y productos químicos modificadores del comportamiento del insecto. Se encuentran disponibles en el mercado grupos químicos con el potencial de paralizar o disminuir la actividad de artrópodos, incluidos los piretroides, nicotinoides y triazinas asimétricas (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994), usados contra insectos y ácaros plaga en varios cultivos. No se ha confrontado el modo de acción de compuestos con un posible efecto de arresto, parálisis o disminución de la actividad de los vectores de virus. En este estudio se evaluaron seis insecticidas con diferentes modos de acción en la transmisión del PRSV-p bajo condiciones controladas, y se comparó la eficiencia de hembras adultas aladas y ápteras de *Aphis nerii* en la transmisión viral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron hembras ápteras de *A. nerii* sobre plantas de *Asclepias curassavica* L. en campo (Figura 1). Para obtener insectos libres de virus fitopatógenos, se colocaron 50 hembras adultas en una caja de Petri de vidrio y se mantuvieron en ayuno hasta que produjeron ninfas de primer instar. Las ninfas recién emergidas se colocaron sobre plantas sanas de *A. curassavica* obtenidas a partir de semilla y se mantuvieron en jaulas entomológicas para su multiplicación bajo condiciones de laboratorio. Para la obtención de adultos alados, se permitió que el número de insectos en plantas de *A. curassavica*

se incrementara hasta alcanzar niveles de sobrepoblación (Shaw, 1970), lo cual promovió cambios hormonales de los áfidos que indujeron la formación de alas.

Se recolectaron tres hojas de la parte apical de una planta de papayo que mostraba síntomas característicos del PRSV-p (Figura 2), proveniente de una plantación experimental establecida en campo (Téliz *et al.*, 1991). Se confirmó la presencia del PRSV-p mediante la prueba de ELISA (Téliz y Mora, 1986). En las hojas recolectadas se colocaron áfidos libres de virus por 45 segundos para el periodo de adquisición; posteriormente, 10 de éstos se pasaron a cada una de cinco plantas sanas de papayo con 12 hojas verdaderas, durante un periodo de inoculación de 24 h. Una vez transcurrido este tiempo los áfidos se eliminaron manualmente. A las plantas inoculadas que mostraron síntomas se les realizó la prueba de ELISA para confirmar la presencia del PRSV-p. Estas plantas se mantuvieron en jaulas y se utilizaron como fuente de inóculo en el experimento.

Para las pruebas de transmisión, se colocaron hembras adultas aladas y ápteras de *A. nerii* en una caja de Petri y mantuvieron en ayuno por un periodo de dos horas; posteriormente se pasaron a hojas de papayo con la fuente de inóculo para un periodo de adquisición de 45 segundos. El tiempo de adquisición



Figura 1. Colonia de *Aphis nerii* sobre planta de *Asclepias curassavica*.



Figura 2. Planta afectada por el virus de la mancha anular del papayo (PRSV-p).

del PRSV-p contó a partir de que los áfidos iniciaron el probado de la hoja. En cada tratamiento se colocó un número determinado de áfidos a las plantas sanas de papayo (*Carica papaya* L.) var. Maradol Roja con 10 a 12 hojas verdaderas. Para el

periodo de inoculación, las plantas con los áfidos se confinaron en una jaula durante 24 h para asegurar que se alimentaran y transmitieran el virus. Posteriormente estos insectos vivos se retiraron manualmente. Las plantas inoculadas se mantuvieron a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) por 30 días en jaulas entomológicas cubiertas con malla antiáfido para evitar la entrada de insectos.

Para detectar diferencias en la eficiencia de transmisión entre adultos alados y ápteros de *A. nerii* (Figura 3), en cada planta se colocaron uno, dos, cinco ó 10 hembras ápteras o hembras aladas portadoras del virus de la mancha anular del papayo. Cada tratamiento contó con seis repeticiones y 10 plantas por repetición. La transmisión se corroboró mediante la prueba de ELISA. El tratamiento testigo consistió en colocar 10 áfidos ápteros o alados libres de virus por planta, en 10 plantas para cada tipo de áfido.



Figura 3. Adulto alado (A) y áptero (B) de *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe.

Efectividad de insecticidas sobre la transmisión del virus y la mortalidad de áfidos

Se evaluaron seis insecticidas comerciales a las dosis más bajas recomendadas comercialmente (mL o g ha⁻¹ en 200 L de agua): Lucation[®] 1000-E (malatión) (150 mL), Decis[®] 2.5 CE (deltametrina) (500 mL), Confidor[®] 350 SC (imidacloprid) (20 mL), Torque[®] 500 SC (óxido de fenbutatín) (500 mL), Plenum[®] 50 PH (pymetrozina) (200 g) y Gorkill[®] 2X (rotenona) (400 mL). Cada tratamiento consistió de seis repeticiones con 10 plantas por repetición. Las plantas se asperjaron con las soluciones insecticidas mediante un atomizador manual (1000 mL), una hora antes de la inoculación. El testigo se asperjó con agua destilada. La inoculación del PRSV-p se realizó con 10 hembras adultas ápteras por planta, a partir de los resultados de la primera prueba, y como se indica en las pruebas de transmisión. Las plantas asperjadas se confinaron en jaulas para prevenir la entrada de insectos y se revisaron cada cinco días, por un periodo de 20 días, periodo suficiente para que se manifestaran los síntomas de fitotoxicidad. La fitotoxicidad se estimó visualmente respecto a la proporción del área foliar dañada en 10 plantas de papayo por tratamiento. La mortalidad de áfidos se evaluó 24 h después de que fueron colocados sobre las plantas de papayo. Se consideró un áfido muerto cuando no presentó movilidad al ser tocado con un pincel en el dorso. Se utilizó la prueba de ELISA para determinar la presencia del PRSV-p.

Se calcularon los porcentajes de transmisión del PRSV-p con base en la prueba de ELISA. Los porcentajes de transmisión se transformaron en $\text{Arcsen } \sqrt{\% / 100}$. Los datos transformados se sometieron al análisis de varianza y prueba de medias (Duncan, $p < 0.05$). Se realizó una regresión lineal simple para examinar la eficiencia de transmisión del virus por áfidos ápteros y alados. Se calculó el porcentaje de mortalidad corregida mediante la fórmula de Abbott (1925), y se contabilizaron las

plantas que mostraron fitotoxicidad ocasionada por los insecticidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas de transmisión viral por áfidos

En las pruebas de transmisión, se confirmó que a partir de una hembra áptera o alada de *A. nerii* es posible la transmisión de PRSV-p entre plantas de papayo. Estos resultados coinciden con García *et al.* (1988) y Mora-Aguilera *et al.* (1993), los cuales indican que esta especie es un vector importante. La transmisión viral fue mayor cuando se utilizó mayor cantidad tanto de áfidos alados como ápteros, sin encontrar diferencias entre estas dos formas adultas (Figura 4). Singh (1971) indica que un solo adulto de *M. persicae* es suficiente para producir infección, y que éste no es diferente del inducido por cinco áfidos, sin embargo la transmisión aumenta al usar 10 insectos. Kalleshwaraswamy y Kumar (2007) indican que la mayor eficiencia de transmisión del PRSV-p se presentó con un grupo de mayor número de áfidos por planta en contraste con un solo áfido, tanto con *M. persicae* como con *A. gossypii*.

La ecuación de regresión para cada tipo de áfido (Figura 4), contó con un índice alto de correlación, ($r^2 = 0.90$ y 0.98).

Aunque la forma alada o áptera de *A. nerii* no influye en el porcentaje de transmisión del PRSV-p, éste podría no ser un caso generalizado para todas las especies de áfidos transmisores del virus (Mora-Aguilera *et al.*, 1993), ya que García *et al.* (1988) reportaron que la forma alada de *A. spiraecola* es más eficiente en la transmisión del PRSV-p que la forma áptera. Esta investigación confirma el estándar de 10 áfidos ápteros establecido para las pruebas de transmisión en laboratorio (Hernández-Castro *et al.*, 2005b), donde el índice más alto de transmisión se obtiene con esta misma cantidad de áfidos. Debido a que para las pruebas de transmisión la cría de áfidos ápteros es más práctica que la cría de áfidos alados, es recomendable utilizar la primera.

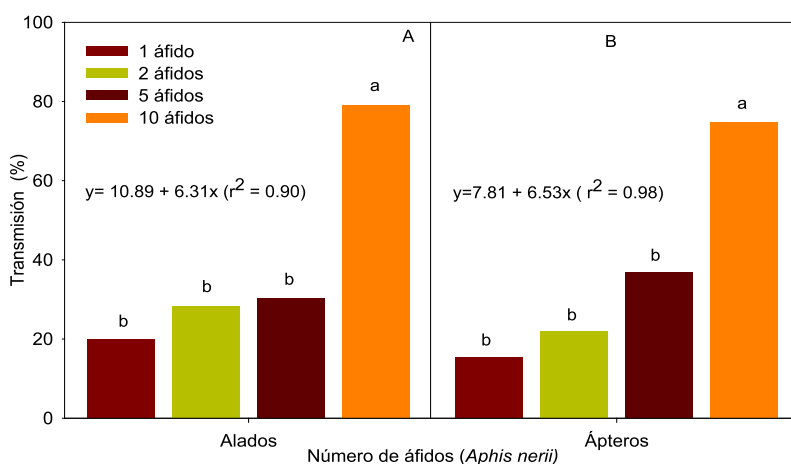


Figura 4. Porcentaje de transmisión del PRSV-p, por hembras adultas aladas (A) y ápteras (B) de *Aphis nerii*. Datos no transformados. Tratamientos con letras diferentes, son significativamente diferentes (Duncan, $p < 0.05$).

Se calculó el porcentaje de mortalidad corregida mediante la fórmula de Abbott (1925), y se contabilizaron las

Insecticidas en la transmisión viral y mortalidad de áfidos

Ningún insecticida evitó el 100% de transmisión del PRSV-p por hembras ápteras de *A. nerii* (Figura 5). Los insecticidas pymetrozine y rotenona produjeron los porcentajes significativamente más bajos de transmisión viral (19% y 29%, respectivamente). El segundo grupo lo constituyó el óxido de fenbutatín y el imidacloprid con valores de 43% y 45%. La transmisión más alta se obtuvo al aplicar malatión y deltametrina (66% y 81% respectivamente), resultados similares a los observados en las pruebas de transmisión con 10 áfidos sin insecticidas (Figura 4).

Los porcentajes más altos de mortalidad de hembras adultas ápteras de *A. nerii* a 24 h de exposición en plantas de papayo (100%) se obtuvieron con los insecticidas malatión e imidacloprid, seguido de rotenona (77%) y deltametrina (71%), mientras que los porcentajes más bajos se presentaron con pymetrozine y óxido de fenbutatín (46%) (Figura 6). De acuerdo con Ausborn *et al.* (2005), pymetrozine afecta a las sésilas cordotonales, que en el caso de los áfidos se localizan en el interior del sexto segmento antenal; su función es asegurar que las antenas estén correctamente posicionadas para una acción eficiente de los quimiorreceptores (Bromley *et al.*, 1980), pero no tiene

un efecto neuro-regulatorio ni interviene en la interacción neuromuscular. Fisiológicamente, pymetrozine impide la habilidad de un insecto para detectar a su planta hospedera y previenen la inserción de sus estiletes en el tejido de la planta. En caso de que los estiletes ya están insertados, ellos inhiben inmediatamente la alimentación, lo cual promueve una muerte retardada por inanición (Harrewijn y Kayser, 1997). Debido a este efecto, la mortalidad a las 24 h no es considerablemente alta (46%); sin embargo, el porcentaje de transmisión viral de 19% fue el

más bajo con respecto a los demás insecticidas. Polston y Sherwood (2003), anotan que pimetrozine redujo significativamente la transmisión del virus (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) sobre plantas de tomate. Este resultado es promisorio en la prevención de las enfermedades virales transmitidas por dichos vectores, ya que afecta el comportamiento del áfido inclusive antes de que pueda probar la planta, lo que pudiera reducir efectivamente la transmisión viral. Es posible que sean necesarios estudios bioquímicos y fisiológicos con antenas de áfidos para corroborar la actividad del pymetrozine.

La rotenona es un inhibidor de la transportación de electrones a nivel del complejo mitocondrial I (Gupta, 2014). Este insecticida indujo una mortalidad de 77%, lo que sugiere que el proceso inhibitorio de la cadena respiratoria

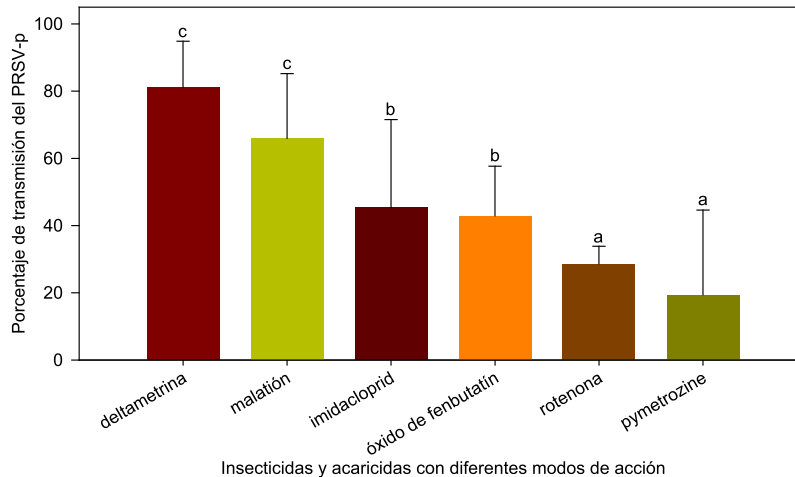


Figura 5. Efecto de insecticidas y acaricidas en la transmisión del PRSV-p por hembras adultas ápteras de *Aphis nerii* en plantas de papayo.

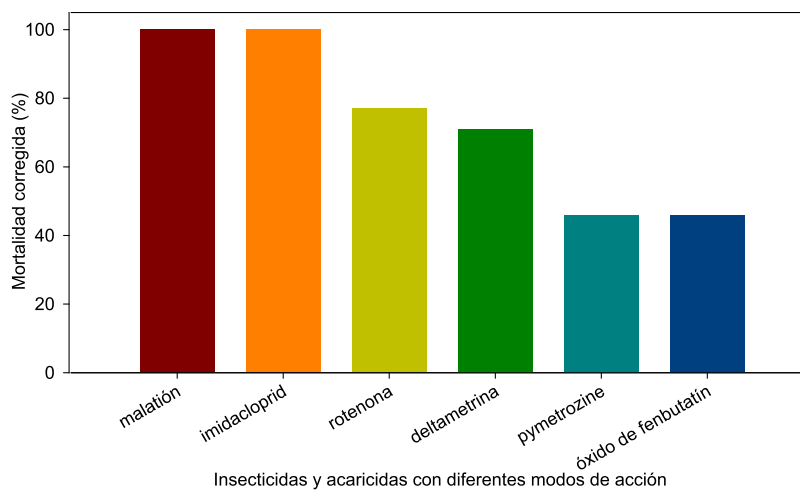


Figura 6. Porcentaje de mortalidad corregida de *Aphis nerii* a 24 horas de exposición en plantas de papayo asperjada con insecticidas y acaricidas con diferentes modos de acción.

ocasionada al áfido le provocó la muerte. El porcentaje de transmisión viral fue considerado bajo (28.7%), lo cual permite suponer que este producto podría tener ciertas posibilidades como inhibidor de la transmisión viral. Mossler y Crane (2009) indican que en Florida (EUA) 17% de productores usan Pyrellin® (piretrina+rotenona) para manejar insectos homópteros y lepidópteros en papayo. Sin embargo no es posible atribuirle todo el crédito a la rotenona, ya que el piretro es un compuesto altamente efectivo.

Ware y Whitacre (2004) mencionan que el óxido de fenbutatín reduce la energía disponible del insecto, lo cual conduce a la disminución de su movimiento. Esto lo realiza al inhibir la enzima ATP-sintetasa, lo que impide la formación de ATP mitocondrial por interrupción de la fosforilación oxidativa. El óxido de fenbutatín causó un nivel intermedio (43%) de transmisión viral y mortalidad de 46% de áfidos, lo cual es justificable, ya que este producto es un acaricida, no un insecticida. Se sugiere estudiar este producto en el combate de ácaros en papayo como parte de un programa de manejo integrado de plagas, midiendo al mismo tiempo su efecto en la transmisión viral del PRSV-p. Imidacloprid y malatión ocasionaron 100% de mortalidad; lo cual demuestra que estos insecticidas neurotóxicos son efectivos para matar a los áfidos. Sin embargo no son tan eficaces para evitar la transmisión del PRSV-p, ya que permitieron un grado medio de transmisión viral (45% y 66%, respectivamente). Aunque imidacloprid y malatión presentaron una acción eficiente de mortalidad en áfidos, esto no fue lo suficientemente rá-

pido; al ser neuro-estimuladores, pudieron haber ayudado a promover la transmisión viral. Smith y Brierley (1956) mencionan varios experimentos que han demostrado la incapacidad de los organofosforados para aniquilar a los áfidos, lo suficientemente rápido como para prevenir la transmisión viral. Cuando se aplicó imidacloprid a cultivos de papa, no logró detener la dispersión del PVY, pero disminuyó significativamente su transmisión (Alyokhin *et al.*, 2002). **Estos resultados y el obtenido con pymetrozine, malatión e imidacloprid indican que no hay una relación directa entre la muerte del insecto y la reducción en la transmisión.**

La deltametrina, insecticida piretroide neurotóxico, mató 71% de los áfidos, sin embargo, dicho efecto no fue suficiente para evitar que el PRSV-p se transmitiera en un 90%, probablemente inducido por la excitación inicial en los canales de sodio de las neuronas. En algunos casos, la mortalidad rápida causada por piretroides puede matar a los insectos antes de que ocurra la inoculación del virus. (Rice *et al.*, 1983), al reducir el tiempo que necesita para el probado de su planta hospedante, e inclusive puede tener efecto repelente; sin embargo este mismo efecto puede ser responsable de una mayor actividad del áfido, y promover así la dispersión del virus (Perring *et al.*, 1999). Lo anterior corrobora que los insecticidas no impiden eficientemente la transmisión del PRSV-p. Es probable que bajo condiciones de campo los porcentajes de transmisión aquí presentados se incrementen, porque los insectos llegan continuamente al cultivo y conforme transcurre el tiempo desde la aplicación del producto, se reduce su efectividad por la degradación de su molécula.

En las plantas asperjadas con deltametrina, malatión, pymetrozine, imidacloprid y óxido de fenbutatín no se percibió daño físico en tallos u hojas (sin fitotoxicidad aparente) a la dosis mínima recomendada, mientras que la rotenona aplicada en la dosis mínima recomendada causó "quemaduras" en hojas de todas las plantas de papayo tratadas. A los 20 días las "quemaduras" prosperaron de la punta hacia el centro de la hoja, cubriendo 75% del área foliar. Los meristemas no sufrieron daños, lo que permitió la pronta recuperación de las plantas. Los tallos tampoco sufrieron daños perceptibles a la vista. McPartland *et al.* (2000) indican que la fitotoxicidad por rotenona es rara, sin embargo, una combinación de piretrinas y rotenona no causó fitotoxicidad en la planta de jardín *Tilia cordata* L. (Baumler y Potter, 2007), por lo que Mossler y Crane (2009) recomiendan esta mezcla en Florida para manejar insectos chupadores y masticadores en papayo. A pesar de inhibir en alto porcentaje la transmisión viral, la fitotoxicidad ocasionada por la formulación de rotenona aplicada aquí sobre hojas de papayo, pudiera limitar su uso comercial.

CONCLUSIONES

Los porcentajes (75-80%) más altos de transmisión del PRSV-p se obtuvieron con 10 adultos de *A. nerii*. La transmisión viral más baja (15-20%) se obtuvo con un adulto. Pymetrozine tiene potencial para prevenir la transmisión del virus no-persistente. La transmisión más baja del PRSV-p en plantas de papayo, se registró con pymetrozine (19%) y rotenona (29%),

y la más alta con deltametrina (81%) y malatión (66%). La aplicación de imidacloprid y malatión sobre áfidos causó 100% de mortalidad; la mortalidad más baja se le atribuyó a pymetrozina (46%) y oxido de fenbutatin (46%). Sólo la rotenona causó fitotoxicidad en hojas de papayo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada parcialmente por el proyecto CO-NACYT G33672-B, y el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

LITERATURA CITADA

- Abbott W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 256-267.
- Alyokhin A., Sewell G., Groden E. 2002. Aphid abundance and potato virus Y transmission in imidacloprid-treated potatoes. *American Journal of Potato Research* 79: 255-262.
- Ausborn J., Wolf H., Mader W., Kayser H. 2005. The insecticide pymetrozine selectively affects chordonatal mechanoreceptors. *Journal of Experimental Biology* 208: 4451-4466.
- Baumler R.E., Potter D.A. 2007. Knockdown, residual, and antifeedant activity of pyrethroids and home landscape bioinsecticides against Japanese beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on Linden foliage. *Journal of Economic Entomology* 100: 451-458.
- Bromley A.K., Dunn J.A., Anderson M. 1980. Ultrastructure of the antennal sensilla of aphids II. Trichod, chordonatal and campaniform sensilla. *Cell and Tissue Research* 205: 493-511.
- Cabrera M.D., García H.D., Caballero A.M.W., García M.P.L., Portal V.O. 2011. Manejo de la mancha anular de la papaya mediante el uso de malla antiáfidos en viveros de *Carica papaya* L. Var. Maradol roja. *Fitosanidad* 15: 241-244.
- García G.B., Villanueva B.J., Becerra L.N. 1988. Pruebas de transmisión por áfidos. In: 1a Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. INIFAP. Veracruz, México. p. 89 p.
- Gilligan C.A., Van Den Bosch F. 2008. Epidemiological models for invasion and persistence of pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 46: 385-418.
- Gupta R.C. 2014. Rotenone. In: *Biomedical Sciences. Encyclopedia of Toxicology*. 4: 186-187.
- Harrewijn P., Kayser H. 1997. Pymetrozine, a fast-acting and selective inhibitor of aphid feeding. *In-situ* studies with electronic monitoring of feeding behaviour. *Pesticide Science* 49: 130-140.
- Hernández C.E., Damián N.A., Brito G.T., García S.F., Moreno M.A. 2007. Validación del manejo integrado del virus de la mancha anular del papayo (*Carica papaya* L.) cv 'Maradol roja' en la costa de Guerrero, México. *Revista CitriFru* 24:57-62.
- Hernández C.E., Riestra D.D., García P.E., Ortega A.L.D., Mosqueda V.R. 2000. Respuesta del virus de la mancha anular del papayo (PRSV-p) en tres sistemas de manejo. *Revista Manejo Integrado de Plagas* 58: 20-27.
- Hernández-Castro E., Marín-Lara N.E.D., Villanueva-Jiménez J.A. 2005a. Malla de polipropileno para prevenir los daños del virus de la mancha anular en semilleros de papayo (*Carica papaya* L.) cv. Maradol roja. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 74: 59-64.
- Hernández-Castro E., Utrera L.V., Villanueva-Jiménez J.A., Rodríguez-Lagunes D.A., Ojeda-Ramírez M. M. 2005b. Extractos de neem en el comportamiento de *Aphis nerii* y la transmisión del virus de la mancha anular del papayo. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 89: 75-84.
- Hernández-Castro E., Villanueva-Jiménez J.A., Mora-Aguilera J.A., Nava-Díaz C. 2010. Barreras de maíz en una estrategia de manejo integral para controlar epidemias del virus mancha anular del papayo (PRSV-p). *Agrociencia* 44: 339-349.
- Hernández-Castro E., Villanueva-Jiménez J.A., Mosqueda-Vázquez R., Mora-Aguilera J.A. 2004. Efecto de la erradicación de plantas enfermas por el PRSV-p en un sistema de manejo integrado del papayo (*Carica papaya* L.) en Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 382-388.
- Kalleshwaraswamy C.M., Kumar N.K.K. 2007. Transmission efficiency of papaya ringspot virus by three aphid species. *Phytopathology* 98:541-546.
- Lagunes-Tejeda A., Villanueva-Jiménez J.A. 1994. Toxicología y Manejo de Insecticidas. Colegio de Postgraduados. 1a Ed. México. 264 p.
- McPartland J.M., Clarke R.C., Watson D.P. 2000. Hemp Diseases and Pests: Management and Biological Control. CABI Publishing. New York. USA. 251 p.
- Mora-Aguilera G., Nieto-Angel D., Téliz D., Campbell C.L. 1993. Development of a prediction model for papaya ringspot in Veracruz, México. *Plant Disease* 77: 1205-1211.
- Mossler M.A., Crane F. 2009. Florida crop/pest management profile: papaya. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Published as CIR 1402. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/PI/PI05300> (consultado: 07/05/2016).
- Perring T.M., Gruenhagen N.M., Farrar C.A. 1999. Management of plant viral diseases through chemical control of insect vectors. *Annual Review of Entomology* 44: 457-481.
- Polston J.E., Sherwood T. 2003. Pymetrozine interferes with transmission of Tomato Yellow Leaf Curl Virus by the whitefly *Bemisia tabaci*. *Phytoparasitica* 31: 490-498.
- Rice A.D., Gibson R.W., Stribley M.F. 1983. Effects of deltamethrin on walking flight and potato virus Y transmission by pyrethroid-resistant *Myzus persicae*. *Annals of Applied Biology* 102: 229-236.
- Shaw M.J.P. 1970. Effects of population density on alienicolae of *Aphis fabae* Scop. *Annals of Applied Biology* 65: 191-202.
- Singh A.B. 1971. Transmission of papaya leaf reduction virus by *Myzus persicae*. *Plant Disease* 55: 526-529.
- Smith F.F., Brierley P. 1956. Insect transmission of plant viruses. *Annual Review of Entomology* 1: 299-322.
- Téliz D., Mora A.G., Nieto A.D., Gonsalves D., García E., Matheis L., Avila C. 1991. La mancha anular del papayo en México. *Rev. Mexicana de Fitopatología* 9: 64-68.
- Téliz D., Mora G. 1986. Inmunosorbencia con enzimas conjugadas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 4: 133-141.
- Ware G.W., Whitacre D.M. 2004. Introducción a los insecticidas. 4ª ed. Departamento de Entomología, Universidad de Arizona. Tucson, Arizona. 25 p.
- Yi-Jung K., Huey-Jiunn B., Yi-Ling W., Chiung-Huei H., Tsui-Miao C., Shy-Dong Y. 2009. Generation of transgenic papaya with double resistance to papaya ringspot virus and papaya leaf-distortion mosaic virus. *Phytopathology* 99: 1312-1320.

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA OBTENER EL ÁREA FOLIAR DE HOJAS SIMPLES

DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION TO OBTAIN THE FOLIAR AREA OF SIMPLE LEAVES

Contreras-Murillo, S.¹; Lugo-Espinosa, O.¹

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Texcoco, Maestría en Ciencias de la Computación; Km. 8.5 carretera Texcoco-Los Reyes La Paz. Avenida Jardín Zumpango S/N Fraccionamiento El Tejocote, Texcoco, Estado de México. Teléfonos: (01 595) 9-21-04-48, 9-21-12-47 y 9-21-03-68 Fax: (01 595) 9-21-12-16. Cp. 56259

Contacto: serconmur@hotmail.com



RESUMEN

El tamaño de las hojas es monitoreado por agrónomos e investigadores para estudiar la salud y vigor de los vegetales. Para obtener las dimensiones de las hojas de una planta se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles que obtiene el largo, ancho y área de las muestras mediante una fotografía contra un fondo claro. La distancia a la hoja fotografiada se obtiene mediante la conexión de un sensor ultrasónico al celular o tableta electrónica. El tratamiento digital de las imágenes se realizó con el lenguaje estadístico R instalado de manera nativa en el sistema operativo Android, que facilita crear versiones móviles de aplicaciones de interés científico. El hardware y software utilizados son de código abierto y gratuito que permite recrear fácilmente la plataforma.

Palabras clave: Tratamiento Digital, Imágenes, Android, Sensor Ultrasónico.

ABSTRACT

The size of the leaves is monitored by agronomists and researchers to study plants' health and vigor. To obtain the dimensions of the leaves of a plant, an application was developed for mobile devices, which obtains the length, width, and area of the samples through a photograph against a clear backdrop. The distance to the photographed leaf is obtained through the connection of an ultrasonic sensor to the cell phone or electronic tablet. The digital treatment of the images is carried out with the R statistical language installed from origin in the Android operative system, which facilitates creating mobile versions of applications of scientific interest. The hardware and software used are open and free code that allows easily recreating the platform.

Keywords: digital treatment, images, Android, ultrasonic sensor.

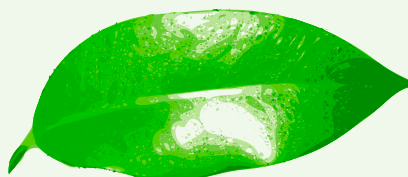
INTRODUCCIÓN

El área foliar es una variable importante en la mayoría de los estudios agrícolas y fisiológicos involucrados en el crecimiento vegetal, captación de luz, eficiencia fotosintética, respiración, transpiración y respuesta al riego y a la fertilización. La determinación del área foliar, se realiza generalmente mediante métodos directos, en los cuales las hojas tomadas de las plantas en los experimentos, se analizan con la ayuda de un medidor de área electrónico integrado (Casierra-Posada, 2008). Los métodos para medir el área foliar se clasifican en destructivos o no destructivos dependiendo de si la hoja es separada o no de la planta. En condiciones de laboratorio, las muestras pueden ser medidas directamente o ser digitalizadas para su posterior análisis con un software. En campo suele hacerse uso de escáneres portátiles. La principal desventaja de los escáneres portátiles y de laboratorio es su costo elevado. Además de que cada modelo es diseñado para tamaños de hoja específicos. La



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre, 2016. pp: 75-78.

Recibido: febrero, 2015. **Aceptado:** septiembre, 2016.



estimación del área de las hojas mediante modelos matemáticos puede resultar una opción más barata, pero requiere que se realice un modelo distinto por cada cultivo a analizar, y los resultados suponen que las muestras se encuentren en condiciones óptimas. Una aplicación móvil hereda las funcionalidades de portabilidad y autonomía de los teléfonos inteligentes. Un programa desarrollado con la plataforma propuesta a continuación puede utilizarse para hojas de tamaños distintos al ser fotografiadas completamente. La aplicación puede ser utilizada en campo y laboratorio, y en algunos casos no es necesario separar la hoja de la planta. Para saber la distancia a la hoja fotografiada se le conecta un sensor ultrasónico al dispositivo móvil. El sensor ultrasónico obtiene la distancia a un obstáculo mediante un sistema de sonar. Este valor permite convertir los valores obtenidos en términos de pixeles a centímetros. La aplicación fue diseñada para medir hojas simples poco lobuladas, sobre todo las que por ser demasiado grandes no pueden medirse por otras técnicas. Las hojas simples son aquellas en las que su limbo no está dividido en varias partes. También puede medirse un foliolo a la vez en hojas compuestas (Figura 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se le dio prioridad a software gratuito de código abierto y a hardware y materiales de bajo costo. La aplicación fue desarrollada para celulares y tabletas que ejecutan el sistema operativo Android (Android Open Source Project). Las aplicaciones para el sistema operativo Android se programan en el lenguaje Java. La conexión del sensor ultrasónico al dispositivo móvil se realizó con la plataforma para prototipos electrónicos Arduino (Arduino). Las fotografías tomadas son analizadas con la ejecución de un script del lenguaje estadístico "R" (The R project) (Figura 2).

"R es un lenguaje y entorno para cómputo estadístico y graficación, similar al lenguaje S desarrollado originalmente en los laboratorios Bell. Es una solución de código abierto para el análisis de información que es mantenido por una activa y numerosa comunidad alrededor del mundo" (Kabacoff, 2011). R es multiplataforma, gratuito y de código abierto (R Core Team). Con algunas adecuaciones, la versión



Figura 2. Secciones de la aplicación móvil.

de R para el sistema operativo Linux (Linux.org) puede utilizarse en Android. La comunicación entre el lenguaje R y java permite que el desarrollo de aplicaciones pueda realizarse por equipos multidisciplinares, donde algunos integrantes estarán avocados al desarrollo de las estrategias de estadística y de inteligencia artificial y otros al desarrollo de las interfaces gráficas y uso de sensores. La lógica de negocios codificada con R una sola vez puede reutilizarse para versiones de escritorio, móviles o web. Por otro lado, Arduino es una interfaz electrónica que permite enviar y recibir señales de sensores tanto digitales como analógicos, y la versión mega ADK puede utilizarse para el sistema operativo Android versión 3 o superior. "El Kit de Desarrollo de Accesorios ADK es una implementación de referencia para fabricantes de hardware para ser usada como punto de inicio para fabricar accesorios para Android" (Android Open Source Project, 2012). Cuando una fotografía es tomada, las dimensiones se obtienen mediante la ejecución de un script del lenguaje R que almacena el resultado en un archivo de texto. La aplicación cataloga las fotografías por día en carpetas de la memoria externa. Dentro de cada carpeta las fotografías y sus respectivos archivos de propiedades

son nombrados con la hora de la captura. El usuario puede migrar las imágenes a su equipo de escritorio y sincronizar los elementos con tan sólo copiar y pegar las carpetas. La Figura 3 muestra la navegación de la aplicación.

Los celulares y tabletas tienen cámaras con diferentes capacidades, pero la aplicación está configurada para que las fotografías midan 400x600 pixeles, en parte para que su análisis sea fluido. El sensor ultrasónico utilizado en el proyecto

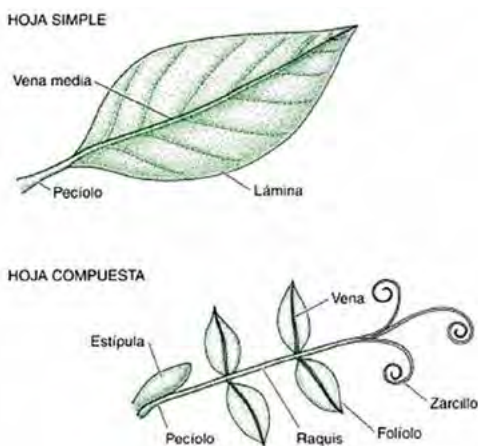


Figura 1. Hojas simples y compuestas (Gilbert, 2005).



Figura 3. Navegación de la aplicación.

(Figura 4) permite obtener la distancia a un objetivo mediante un sistema de sonar en un ángulo de 40 grados en un rango de hasta seis metros. Opera con 5 volts.

Cada marca y modelo de sensor podría tener diferentes rangos de sensibilidad y diferente protocolo de comunicación. El sensor ultrasónico necesita conectarse a cuatro puertos de la tableta Arduino. Dos para la alimentación y dos para comunicarse. La tableta Arduino



Figura 4. Sensor ultrasónico.

se conecta al puerto USB de una computadora y se programa con el lenguaje "C" (Bayle, 2013). Después se conecta al dispositivo móvil. (Figura 5). Necesita su propia fuente de voltaje.

Instalación del lenguaje R en Android

El uso de R permite que la lógica de negocios pueda tomarse de desarrollos previos codificados para equipos de escritorio y trasladarla de manera transparente a una plataforma móvil, disminuyendo por tanto el tiempo y costo de desarrollo. Para automatizar la instalación del lenguaje R se desarrolló un instalador que descarga los archivos necesarios para después descomprimirlos. Los archivos ocupan 170 Megabytes. Es necesario descomprimir los archivos en un directorio específico del siste-

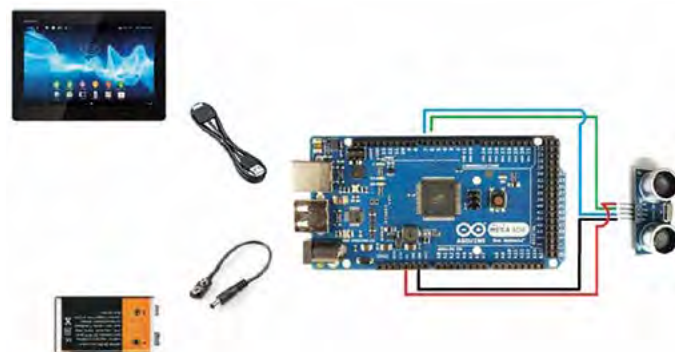


Figura 5. Conexión del sensor ultrasónico a un dispositivo móvil.

ma operativo que solo es visible para usuarios con privilegios de superusuario. En los sistemas Linux, El usuario root es aquel que posee todos los privilegios de lectura, escritura y ejecución. El proceso para obtener privilegios de superusuario depende de cada modelo y marca de aparato por lo que el proceso es delegado al dueño del dispositivo. La instancia de R instalada, puede ser utilizada por cualquier aplicación que se ejecute en el dispositivo móvil. Al instalador se le agregó una ventana en la cual pueden ejecutarse comandos de R y comprobar su desempeño antes de tomar la decisión de incluirlos como parte de una aplicación. Esto es importante porque la ejecución de una programa en un celular o tableta será más lenta que en un equipo de escritorio. El proyecto R cuenta con repositorios alrededor del mundo en los que se encuentran disponibles paquetes gratuitos de código fuente. Para que R pueda interpretar las imágenes como matrices numéricas necesita los paquetes "bmp" y "pixmap". En los dispositivos móviles aún no pueden instalarse paquetes de R pero puede descargarse el código fuente e importarlo al script propio. El paquete bmp convierte la imagen a blanco y negro y genera una matriz numérica en la que cada pixel es representado con un valor entre 0 y 255 (el 0 representa color negro, el 255 color blanco). El siguiente paso es la detección de bordes con el operador de Robert Cross (Figura 6).



Figura 6. Detección de bordes.

Este método le aplica dos kernels a la matriz numérica mediante una operación de convolución en la que cada valor es multiplicado por un kernel.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Fórmula 1. Operador de Roberts Cross.

Al implementarlo, el valor máximo arrojado por la aplicación de dichos patrones es guardado como el valor del borde en ese punto. El punto $E_{x,y}$ en el borde es entonces el máximo de los dos valores derivados de la convolución de los dos kernels en un punto $P_{x,y}$ de la imagen. Donde x y y toman valores desde 0 hasta la dimensión de la matriz menos 1. (Nixon & Aguado, 2008)

$$E_{x,y} = \max\{|M^+ * P_{x,y}|, |M^- * P_{x,y}|\} \quad \forall x, y \in 1, N-1$$

Fórmula 2. convolución

El ápice es encontrado con un detector de esquinas. Una esquina se declara como tal si la razón de cambio de la dirección del gradiente es mayor que un determinado umbral y la magnitud del gradiente también es mayor que un segundo umbral predeterminado (Pajares Martinsanz & De la cruz Garcia, 2008). El pixel del borde más alejado a la punta es tomado como la base de la hoja. La longitud de la recta que forman la punta y la base de la hoja corresponden al largo. Sobre este eje se hace un barrido perpendicular para detectar la zona más ancha. Los valores obtenidos en términos de píxeles son convertidos a centímetros y el resultado es almacenado en un archivo de propiedades para que la aplicación de Android despliegue su contenido como resultado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación cuenta, en la sección de configuración, con un botón que crea la estructura inicial de carpetas y que carga a la memoria externa del dispositivo móvil la última versión de los scripts de R. Al momento de tomar una fotografía se muestra la inclinación de la tableta como un punto azul sobre un plano cartesiano rojo. Se sugiere que las fotos sean tomadas con la tableta paralela a la hoja y evitar que la sombra del dispositivo se proyecte sobre la muestra. Una barra azul que crece y disminuye marcando la distancia al objetivo. (Figura 7).

Para sostener el sensor ultrasónico se fabricó una estructura de acrílico. Para fotografiar las hojas sin necesidad de cortarlas puede pasarse la hoja de la planta a través de una ranura en el centro de una hoja blanca (Figura 8).

Para un ejercicio realizado con hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se midió primero contra una hoja milimétrica su área resultando en 37.19 cm cuadrados (Figura 8 B) que muestra la captura realizada por el dispositivo y que registró 36.61 cm². Hubo una diferencia del 1.6% entre

lo obtenido por la estimación manual y lo calculado por la aplicación. La instalación del lenguaje R en un celular o tableta permite trasladar la lógica de negocios validada de una aplicación de escritorio a un dispositivo móvil pero su instalación requiere privilegios de superusuario. Esto influye en la arquitectura de la aplicación y en las vías de distribución del producto ya terminado.

CONCLUSIONES

El sistema operativo Android, la plataforma Arduino y el lenguaje R son gratuitos y de código abierto. Los dispositivos móviles que ejecutan Android se encuentran entre los de menor costo y la tableta Arduino puede construirse por el usuario o comprarse a muy bajo precio. Igualmente los entornos de desarrollo de Android, R y Arduino son gratuitos.

El uso de la tableta Arduino requiere conocimientos básicos del lenguaje C del que existe gran documentación. Arduino se beneficia de las cualidades de modularidad, seguridad y robustez del lenguaje C.

La conexión de los sensores directamente al dispositivo móvil y la instalación de la versión para Android del lenguaje R favorecen la portabilidad y usabilidad de la plataforma. Tanto R como Java y C son lenguajes ampliamente utilizados en el ámbito académico y de investigación. Su integración facilita el desarrollo de prototipos electrónicos a bajo costo.

El campo de las aplicaciones móviles de interés científico es naciente. El uso de dispositivos móviles se encuentra en crecimiento al igual que su capacidad de almacenamiento y procesamiento. La integración del lenguaje R y la tableta Arduino en el sistema operativo Android crea nuevas herramientas y nuevos campos de aplicación para los dispositivos móviles.

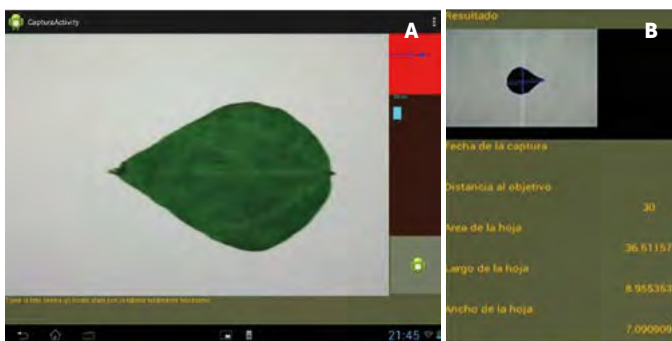


Figura 7. A: Fotografía tomada y analizada con R para después mostrar el resultado. Líneas azules sobre la hoja muestran el largo y ancho. B: Resultados de la medición.



Figura 8. A: Uso en campo. B: Hoja previamente medición manual en hoja milimétrica.

ANÁLISIS DEL POTENCIAL AGROECOTURÍSTICO DE SANTIAGO MATATLÁN, VALLE DE TLACOLULA, OAXACA, MÉXICO

ANALYSIS OF THE AGRO-ECOTOURISM POTENTIAL OF SANTIAGO MATATLÁN, VALLE DE TLACOLULA, OAXACA, MÉXICO

Santiago-Romero, H.¹

¹Universidad del Mar, Instituto de Ecología. Campus Puerto Escondido. Puerto Escondido, Oaxaca México.

RESUMEN

Se evaluó el potencial agroecoturístico de Santiago Matatlán, Oaxaca, México, basándose en el modelo FAS (Factores, Atractores y Sistemas de Soporte), herramienta de análisis turístico propuesta por la Organización Mundial de Turismo. Se evaluaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas; la evaluación de los atractores fue de acuerdo a la metodología CICATUR-OEA; y el estudio de sistemas de soporte se realizó con un estudio de mercado. Los resultados mostraron que existen fortalezas y oportunidades para desarrollar el turismo rural; y que el entorno turístico de la región en estudio es favorable, ya que se identificaron hasta 11 atractivos turísticos; de los cuales cuatro son considerados de alta jerarquía dentro de la metodología utilizada. El estudio de mercado permitió reconocer el mercado meta, al cual se podría ofertar los servicios y productos agroecoturísticos relacionados con mezcal, cultivo de maguey y ecosistemas de clima seco.

Palabras clave: turismo-rural, mezcal, maguey

ABSTRACT

The agro-ecotourism potential of Santiago Matatlán, Oaxaca, México, was evaluated based on the FAS model (Factors, Attractors, and Support Systems), which is a tool used for tourism analysis proposed by the World Tourism Organization. The strengths, opportunities, weaknesses and threats were evaluated; the evaluation of the attractors was according to the CICATUR-OEA methodology, and the study of the support systems was carried out with a market assessment. The results showed that there are strengths and opportunities to develop rural tourism, and that the tourism environment of the study region is favorable, since up to 11 tourism attractions were identified, of which four are considered of high hierarchy within the methodology used. The market assessment allowed recognizing the meta market, to which the agro-ecotourism services and products related to mezcal could be offered, and to maguey cultivation and dry climate ecosystems.

Keywords: rural tourism, mezcal, maguey.

INTRODUCCIÓN

En la región de los Valles Centrales del estado de Oaxaca, México, el turismo es la principal actividad económica. Santiago Matatlán, pueblo zapoteco considerado como "capital mundial del mezcal", se encuentra asentada en la microrregión conocida como Valle de Tlacolula, que tiene la particularidad de contar con varios atractivos turísticos con reconocimiento internacional. Desde tiempos prehispánicos, la principal actividad económica de los habitantes de Santiago Matatlán es el aprovechamiento de maguey (*Agave spp.*) y otras plantas xerofitas (Feinman et al., 2007), siendo el mezcal su principal *Producto de Identidad Territorial* (PIT). El mezcal de Santiago Matatlán es una bebida destilada del mosto que se obtiene de las piñas cocidas del maguey (*Agave angustifolia* Haw.); caracterizada por su sabor ligeramente quemante, debido a su elevado contenido en alcohol. La Norma Mexicana NOM-070-SCFI-1994, especifica que el porcentaje en volumen de alcohol, a 20 °C de temperatura ambiente debe estar entre 36% y 55%. En las fábricas, embotelladoras y expendios de mezcal de Santiago Matatlán, existe prosperidad y bienestar; pero, dicha apariencia se acaba en las casas de los campesinos, quienes viven modestamente (Pérez Barroso, 2009) a pesar de que son ellos quienes inician en el campo el proceso de la obtención del mezcal. El objetivo de este trabajo fue analizar el potencial agroecoturístico de Santiago Matatlán, en el contexto de su localización en la micro-región del Valle de Tlacolula como fuente de diversificación económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio del potencial agroecoturístico de la comunidad de Santiago Matatlán, se desarrolló durante el verano y otoño del año 2010, como parte de los requisitos académicos del curso: "Agroecoturismo, Elementos Básicos para implementar un proyecto de turismo innovador"; impartido por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en coordinación con la Organización de los Estados Americanos (OEA). Dicho estudio se realizó, basándose en el modelo FAS (Factores, Atractores y Sistemas de soporte), herramienta de análisis turístico propuesta por la Organización Mundial de Turismo (OMT); dentro de ese modelo, la evaluación del componente *factores* se realizó mediante un análisis FODA; la valorización del com-

ponente *atractores* (atractivos turísticos) fue de acuerdo a la metodología CICATUR-OEA (OEA-IICA, 2008), y el estudio del *sistemas de soporte*, se realizó con un estudio de mercado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante un análisis FODA, se identificaron y se analizaron las fortalezas y debilidades (factores internos) de la población de Santiago Matatlán en relación al agroecoturismo; e identificaron y analizaron las oportunidades y amenazas presentes en la microrregión Valle de Tlacolula (factores externos o del entorno de Santiago Matatlán; Cuadro 1).

Con base en el análisis FODA, se definieron estrategias para explotar las fortalezas de Santiago Matatlán en relación al agroecoturismo buscando aprovechar las oportunidades turísticas presentes. Asimismo, se identificaron estrategias de cómo superar las debilidades de Santiago Matatlán en relación al agroecoturismo para así neutralizar las amenazas. En total, se definieron 16 estrategias (Cuadro 2) donde las estrategias I;II,III,IV,V, VI y VII se consideraron como urgentes; es decir, deben ser puestas en marcha en corto plazo (menor de un año); las estrategias VIII; IX,X,XI,XII y XIII como prioritarias o que pueden ser atendidas en mediano plazo (menor de tres años); y las estrategias XIV, XV y XVI como importantes; pero, que pueden ser atendidas en largo plazo (mayor de tres años, pero menor a cinco años).

Valorización del componente atractores (atractivos turísticos)

De acuerdo a la metodología CICATUR/OEA (OEA-IICA, 2008), los atractivos turísticos presentes en la comunidad de Santiago Matatlán y en la microrregión Valle de Tlacolula son 11 (Cuadro 3). Donde, uno alcanza la máxima jerarquía (nivel 5) por el hecho de ser parte del Patrimonio Mundial de la Humanidad, ya que representa y alberga testimonios excepcionales de la evolución del hombre mesoamericano; de una sociedad

caza-recolecta hacia una sociedad agrícola (Comité du Patrimoine Mondial, 2010). Dos son de jerarquía 4; porque la popularidad y conocimientos de estos atractivos sobrepasan los límites nacionales y en ciertas temporadas del año crean corrientes de afluencia turísticas tanto nacionales como internacionales. Un atractivo es de jerarquía 3 porque es conocido a nivel nacional y porque es capaz de motivar por sí mismo



Cuadro 1. Análisis de factores internos y externos de Santiago Matatlán, Oaxaca, México, en relación al turismo rural.

| FACTORES INTERNOS | |
|--|---|
| Fortalezas (F) | Debilidades (D) |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. El pueblo está asentado en uno de los ecosistemas semiáridos más al sur de la república mexicana. 2. Condiciones agroecológicas idóneas para el cultivo del maguey. 3. La elaboración del mezcal y el cultivo del maguey es un saber agroindustrial local, reconocido y premiado a nivel regional y nacional. 4. Posee hombres y mujeres con tradición y experiencia como empresarios rurales; y dispone de jóvenes en búsqueda de nuevas oportunidades de empleo y autodesarrollo. 5. Para diversificar la fuente de sus ingresos; algunos pequeños empresarios ligados a la venta del PIT, están dispuestos a invertir y crear empresas de servicios turísticos y hoteles, restaurantes, transporte, etc. 6. Posee paisajes de gran belleza natural, casco urbano pintoresco, patrimonio arqueológico, gastronomía, historia, tradiciones y misticismo. 7. Estratégica localización: A 50 km de la capital del estado, centro de llegada y distribución del turista, y principal centro turístico del sur de la república mexicana. 8. Cuenta con un Instituto de Capacitación y Productividad para el Trabajo del estado de Oaxaca. 9. Actualmente, algunos turistas realizan paradas y recorridos turísticos por sus calles y campos 10. Presencia de iniciativas privadas de inversión en el desarrollo de la promoción turística: editores de revistas y periódicos de circulación estatal y nacional. 11. A nivel nacional e internacional, existe un incipiente posicionamiento de la imagen de Santiago Matatlán como destino turístico. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Heterogénea calidad, mala presentación y deficiente comercialización del PIT. 2. Informalidad de las visitas turísticas, tanto en las fábricas de mezcal como en los terrenos agrícolas y con vegetación natural. 3. Los servicios netamente turísticos son casi inexistentes: La comunidad sólo cuenta con un hotel con 25 habitaciones y no existen restaurantes gastronómicos. 4. Limitada protección y asociatividad del saber hacer local asociado al mezcal. 5. Paulatinamente, la juventud está perdiendo la memoria sobre la técnica, historia y cultura del saber hacer local. 6. Lo típico del PIT no es aprovechado con todo su valor añadido para potenciar el turismo rural como una alternativa complementaria del desarrollo local. 7. Progresiva pérdida y despojo de recursos naturales, culturales e históricos. 8. Inexistentes rutas y circuitos de servicios turísticos que articulen la venta del mezcal con la vida cotidiana y cultural del pueblo; ni con el quehacer en las plantaciones de maguey o ecosistemas naturales. 9. Las familias campesinas, poseen un bajo conocimiento y experiencia para la planificación y gestión de productos y servicios agroecoturísticos en comparación con la iniciativa privada. 10. Los caminos rurales están en mal estado y carecen de interconectividad. 11. Bajo nivel de planificación, inversión pública y coordinación de las secretarías federales y estatales para la valorización económica de los atributos agroecológicos. 12. Incipiente manejo de la imagen del territorio, del ordenamiento urbano, agrícola y ecológico. |
| FACTORES EXTERNOS | |
| Oportunidades (O) | Amenazas (A) |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Desde hace varias décadas, el Valle de Tlacolula es considerado como destino principal turístico de la región Valles Centrales de Oaxaca. 2. Crecimiento de la demanda de turismo alternativo: vivencia con flora y fauna silvestre, búsqueda de productos de producción orgánica, de fabricación artesanal o con características de apelación de origen. 3. Mayor conciencia de la protección del medio ambiente por parte de autoridades locales y sociedad civil. 4. Inexistente competencia en servicios de turismo rural con énfasis hacia el cultivo del maguey, ni en la vegetación de matorral xerofito. 5. Por su clima seco, en el valle Tlacolula llueve sólo durante el verano, situación que favorece las actividades al aire libre durante gran parte del año. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Presencia del mezcal adulterado y clonación de marcas, situación que afecta negativamente la imagen del territorio. 2. Presencia de medianas y grandes empresas externas al territorio, que se apropian del saber hacer asociado al mezcal y desarrollan su propia marca y negocios. 3. Las cíclicas crisis sindicales y políticas de ciertos sectores de la sociedad oaxaqueña, comienza a afectar la afluencia del turismo de masa que tradicionalmente se practica en los Valles Centrales de Oaxaca. 4. Por los usos y costumbres que rigen la vida comunitaria de Santiago Matatlán, el marco legal y tributario nacional son insuficiente para la formalización de la actividad agroecoturística. 5. Durante el paso de ciclones, ya sea en el océano Pacífico o el Golfo de México, se presentan contingencias climáticas que impactan sobre la producción agrícola, la vegetación natural, los atractivos turísticos, las vías de acceso, la infraestructura básica y los hogares rurales. |

Cuadro 2. Estrategias para turismo rural en Santiago Matatlán, Oaxaca, México.

| Estrategias | Explotar F | Aprovechar O | Superar D | Neutralizar A |
|---|------------------------------------|-----------------|--|-------------------|
| I. Organizar y capacitar a los cultivadores de maguey y a los pequeños productores de mezcal, para que ellos sean promotores y participes de los beneficios económicos del auge del mezcal y turismo, al emprender empresas agroecoturísticas. | 1, 2, 3, 4, 6, 8 y 11 | 1, 2, 3, 4 y 5 | 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 | 1, 2, 4, 5 |
| II. Posicionar y promover el cultivo de maguey, y elaboración del mezcal como atractivos agroturístico de Santiago Matatlán. | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 | 1, 3, 4 y 5 | 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 12, | 1, 2 y 4 |
| III. Posicionar y promover la fauna y flora de los parches ecológicos de matorral xerofito del Valle de Tlacolula como atractivos ecoturísticos. | 1, 6, 7, 8, 9 y 11 | 1, 3, 4, 5 | 2, 3, 7, 8, 9, 10 y 12 | 4 y 5 |
| IV. Diseñar tours agroecoturísticos que combinen actividades agroturísticas, ecoturísticas y otras experiencias de vida y costumbres Santiago Matatlán. | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 | 1, 2, 3, 4, 5 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 | 1, 2, 3, 4, 5 y 6 |
| V. Procurar la contribución de instituciones de educación superior, cámaras de comercio, programas especiales del gobierno federal, cooperación internacional y asociatividad hotelera y gastronómica tanto en investigación, como en capacitación y financiamiento de proyectos agroecoturísticos. | 4, 5, 6 y 7 | 1 y 2 | 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 12 | 2 |
| VI. Promover el valor, consumo y comercialización del PIT en cada una de los tours. | 3, 6, 9 y 11 | 2 | 2, 5, 6, 8, 11 y 12 | 1 |
| VII. Articular y presentar las estrategias II, III, IV y V en un solo paquete turístico bajo la nominación: "La ruta del mezcal". | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 | 1, 2, 3, 4, 5 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 | 1, 2, 3, 4, 5 y 6 |
| VIII. Desarrollar capacidades asociativas y empresariales de los actores vinculados al PIT y otros atractivos del territorio, para planificación y gestión de productos y servicios agroecoturísticos. | 3, 4, 5, 6, 8, 10 y 11 | 2, 4 y 5 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, y 12 | 1, 2, 3, 4 y 5 |
| IX. Atraer e involucrar servicios públicos de las secretarías de turismo, comunicaciones y transporte, agricultura, educación y protección del medio ambiente en el desarrollo del Agroecoturismo. | 1, 2, 3, 6, 7, 10 y 11 | 1, 2, 3, 4 y 5 | 2, 3, 8, 9, 10, 11 y 12 | 3, 4 y 5 |
| X. Identificar y propiciar intercambio y aprovechamiento de experiencias exitosas. | 4, 5 y 8 | 1 y 2 | 1, 3, 4, 6, 8, 9 y 12 | 2, 4 y 5 |
| XI. Difundir los productos y servicios agroecoturístico de Santiago Matatlán por medios de comunicación más modernos y efectivos. | 3, 6, 7, 9, 10 y 11 | 1, 2, 4 y 5 | 6, 11 y 12 | 3 |
| XII. Recuperar, sistematizar y divulgar la memoria histórica, geográfica y cultural que revaloriza a los PIT junto a los otros atractivos del territorio. | 3, 4, 5, 6 y 11 | 1, 2, 4, 5 | 5, 6, 7, 11 y 12 | 1 |
| XIII. Fomentar la inversión público-privada para el fomento a emprendimientos, la conservación y protección de los atractivos, el desarrollo de infraestructura y manejo de la imagen de los PIT y del territorio. | 4, 5, 7, 10 y 11 | 1, 2 y 3 | 3, 8, 10 y 11 | 1 |
| XIV. Establecer alianzas a nivel nacional e internacional con sectores público, privado, académico y sociedad civil vinculada al agroecoturismo. | 3, 4 y 11 | 1 y 2 | 6 y 9 | 3 y 4 |
| XV. Mejorar la calidad de productos elaborados a base del maguey como productos diferenciados; considerando calidad en sus procesos de producción, transformación y comercialización, la complementariedad entre ellos y reconocimiento y protección del saber hacer asociado a su origen. | 3, 5 y 8 | 2 y 3 | 1, 4, 5, 6, 8 y 12 | 1 y 2 |
| XVI. Elaborar productos comestibles o artesanales a base de derivados del maguey como productos complementarios. | 5, 8 y 10 | 1 y 4 | 6, 8, 11 y 12 | 2 |

Cuadro 3. Inventario de atractivos turísticos del Valle de Tlacolula y población de Santiago Matatlán, Oaxaca, México.

| Atractivo | Categoría | Característica | Clasificación | Jerarquía | Análisis |
|--|--------------------|---|----------------|-----------|--|
| Cuevas de Guilá Naquitz | Natural | Serie de cuevas prehistóricas encastradas en los contrafuertes de una meseta natural que se localiza entre las ruinas arqueológicas de Yagul y Mitla. | Central | 5 | Conjunto de cuevas y abrigos rocosos prehistóricos reconocidos como Patrimonio Mundial de la Humanidad, por la UNESCO. En la cueva Guilá Naquitz, se han encontrado granos de maíz, frijol y calabaza de la más antigua de América (10000 a 8000 según tipo de grano) (Smith 2001). En la cueva Blanca y Gheo Shis, se han encontrado restos de animales y herramientas en piedra que datan del Pleistoceno. El entorno está cubierta con vegetación xerofita bien conservada. Algunos paredones y cuevas están adornados con pinturas rupestres. Se encuentran ubicado a 8 km al noroeste de Santiago Matatlán. |
| Palacios zapotecos de Yagul | Artificial | Ruinas arqueológicas prehispánicas | Central | 4 | Ruinas zapotecas típicas del periodo postclásico (Harry, 2010). Se encuentra localizado en una meseta contigua a las cuevas prehistóricas de Yagul-Mitla. Centro cívico y religiosa prehispánico compuesto por una serie de edificios y una cancha de juego de pelota. Se encuentran ubicado a 8 km al noroeste de Santiago Matatlán. |
| Palacios y tumbas zapotecas de Mitla | Artificial | Ruinas arqueológicas prehispánicas | Central | 4 | Palacios y tumbas zapotecas del periodo postclásico, dedicados a la muerte. Son conocidos a nivel nacional e internacional por los finos mosaicos geométricos que adornan sus muros. Se encuentran ubicado a 6 km al norte de Santiago Matatlán |
| Hierve el Agua | Natural | Serie de cascadas petrificadas | Complementario | 3 | Principal atractivo natural de fama nacional del estado de Oaxaca. Series de cascadas petrificadas con caídas que van entre 30 a 60m Cuenta con manantiales y pozas para nadar. Este atractivo se encuentra localizado a 30 km al noreste de Santiago Matatlán. |
| Vegetación xerofita y plantaciones de maguey | Natural/artificial | Plantas silvestres y cultivos agrícola que sólo prosperan en climas semiáridos | Central | 2 | Los turistas extranjeros procedentes de regiones templadas del mundo consideran los paisajes con vegetación xerofita: exóticos y muy atractivos. Muchos turistas nacionales e internacionales consideran que los agroecopaisajes de Santiago Matatlán como la imagen más representativa de México. |
| Fabricas tradicionales de mezcal | Artificial | Principal agroindustria del Santiago Matatlán y Valle de Tlacolula | Central | 2 | El mezcal es considerado como el Producto de Identidad Territorial de Santiago Matatlán, Los turistas nacionales e internacionales muestran gran interés por conocer el proceso de la elaboración del mezcal Los turistas nacionales buscan degustar y comprar mezcal directamente en las fábricas tradicionales. En Santiago Matatlán, casi todas las familias poseen una fábrica de producción artesanal de mezcal. |

Cuadro 3. Continuación.

| Atractivo | Categoría | Característica | Clasificación | Jerarquía | Análisis |
|--|------------|--|----------------|-----------|---|
| Tianguis dominical de Tlacolula | Artificial | Principal tianguis comercial del Valle de Tlacolula | Complementario | 2 | Tianguis comercial más antiguo y tradicional del Valle de Tlacolula. Es muy apreciado por los turistas extranjero por su autenticidad. Además, el pueblo de Tlacolula cuenta con una iglesia Dominicana del siglo XVI. |
| Terrazas en cumbre de colina | Artificial | Zona arqueológica y parche de vegetación xerofita. | Complementario | 1 | Vestigios arqueológicos compuesto por más de mil pequeñas terrazas zapoteca del periodo preclásico. Feinman and Nicholas (2004), asumen que cada terraza correspondía a una casa residencial. Está situada en un parche de vegetación xerofita bien conservado. Se han reportado evidencias del aprovechamiento temprano de la flora xerofita como alimento y fibra: nopal, yuca y maguey (Haller <i>et al.</i> ,2006) Este atractivo se encuentra a sólo 3 km al noreste del casco urbano de Santiago Matatlán. |
| Nueve Puntas | Natural | Pequeña cordillera de montañas | Complementario | 1 | Pequeña cordillera de nueve pico de montañas con altitudes entre 2300 a 2500 msnm. Están ubicadas a solo 5 km al este de Santiago Matatlán y marcan el límite fisiográfico del Valle de Tlacolula. La cordillera está cubierta por vegetación de pino encino y delimita ecológicamente los ecosistemas de vegetación xerofita del Valle de Tlacolula. Desde la cima de estos picos se puede observar todo el Valle de Tlacolula y las cascadas petrificadas de Hierve el Agua. Se puede recorrer y ascender hasta las cimas en 1 día de caminata. |
| Casco urbano de Santiago Matatlán | Artificial | Pueblo atípico | Complementario | 1 | La iglesia católica cuenta con pinturas del siglo XVI Cuenta con varias calles con caserones hechos con muros de adobes En la plaza principal se expenden flores, artesanías y otros productos locales. |
| Museo comunitario de Santiago Matatlán | Artificial | Museo donde se exhibe piezas arqueológicas zapotecas | Complementario | 1 | En este museo se exhiben las piezas arqueológicas encontradas en la zona del Palmillo-Matatlán Parte del museo también se utiliza para exhibir pinturas y esculturas de los artistas locales y regionales. |

corrientes de afluencia de turistas nacionales. Tres atractivos fueron clasificados con jerarquía 2; porque sí bien, su radio de influencia es importante a nivel nacional, no son suficientes para motivar por si solos viajes turísticos, generalmente sus visitas son consideradas como una actividad turística complementaria o de paso. Finalmente, cuatro atractivos fueron de jerarquía 1; estos son atractivos cuyos atributos

sólo son conocidos a nivel regional, sin embargo pueden presentar gran interés turístico si se complementan con otros atractivos de jerarquías superiores.

Estudio del componente sistema de soporte

Al valorar la forma dé como los campesinos cultivadores de maguey se involucren y obtengan beneficios económicos entorno a la

industria del mezcal y turismo; con la participación de un grupo de jóvenes campesinos se plantearon los siguientes servicios a ofrecer, a través de un emprendimiento agroecoturístico de tipo comunitario: i) tour agroturístico, al recorrer con un guía las plantaciones de maguey y visitar alguna fabrica artesanal de mezcal; ii) tour ecoturístico, al practicar el senderismo en los parches de vegetación de matorral xerofito

o en la pequeña cordillera de Nueve Puntas; iii) tour cultural, al visitar los principales atractivos arqueológico, arquitectónico y religiosos de la población de Santiago Matatlán y/o Valle de Tlacolula y, iv) tour gastronómico y cata de mezcal, en restaurant gastronómico que se ubicará en un agroecopaisaje representativo de Santiago Matatlán, además, se planificó rodearlo de un jardín con flora nativa xerofitas de la comarca de Santiago Matatlán.

Para definir el mercado meta de los servicios y productos que se ofertarían en el futuro emprendimiento agroecoturístico; se realizó un estudio de mercado con la finalidad de que revelará datos concretos sobre el perfil del turista dispuesto a practicar el agroecoturismo. Para tal efecto se aplicó una encuesta mediante un muestreo simple a los turistas que estaban presentes en los atractivos turísticos de jerarquía 4 y 5 señalados en el Cuadro 3. Se consideró la segmentación como la técnica para definir el mercado meta. La población de la muestra fue de 22 turistas y mediante 13 cuestionamientos se cubrió la información de los siguientes segmentos: geográfico, demográfico, socioeconómico, psicográfico y exploratorio. Los resultados de la **segmentación geográfica**, mostró que 77% de los turistas fueron nacionales y 23% internacionales. El análisis de los cuestionamientos de la **segmentación demográfica** mostró que 27% de los turistas entrevistados tenían edad entre 31.5 a 36.5 años; seguido por el intervalos de 36.5 a 41.5 años con 23%. La frecuencia acumulada mostró que 82% de los turistas tenían una edad que va entre 21.5 a 46.5 años. La segunda información demográfica que se obtuvo, fue que 64% de los entrevistados son del género masculino y sólo 36% femenino. Los resultados de la **segmentación socioeconómica**, mostro que 91% de los turistas poseen estudios universitarios y 9% nivel bachillerato. La segunda información de este segmento es sobre los gastos realizados durante la estancia vacacional y; resultó que 64% realizaron un gasto promedio por día y por familia de \$2,014.00 MX, y 36% restante no respondió la pregunta. El gasto más elevado por día/familia fue de \$7,000.00 MX y el más bajo registrado fue de \$714.00 MX. Sobre, la razón por la cual los turistas visitaron el estado de Oaxaca (cuestionamiento de la segmentación psicográfica), resultó que 55% lo hicieron por sus playas, 28% por sus paisajes naturales, 9% por sus pueblos y ciudades, 4% por su patrimonio arqueológico, y 4% restante por otras razones. Respecto a la actividades que le gustaría realizar durante su estancia en el estado de Oaxaca fueron: actividades relacionadas con mar y playas 41%, actividades relacionadas con naturaleza y campo

23%, actividades relacionadas con vida nocturna 23%, y 9% para realizar actividades relacionadas con la cultura, historia y sitios arqueológicos y actividades relacionadas con la gastronomía el 4% restante. En este segmento también se analizó con quien realizaban el viaje: 59 % lo hacían con la familia, 27% con la pareja; 7% en grupo organizado por agencias de viajes, 5% en solitario y 2% con amigos. La **segmentación exploratoria**, fue enfocada al conocimiento e interés de los turistas sobre el turismo rural. Para la pregunta, si el turista conoce el agroecoturismo, el 64 % manifestó no conocerlo y 36% restante respondió que sí. El segundo análisis fue con base a la siguiente pregunta, ¿Le gustaría conocer el agroecoturismo a través del cultivo del maguey y la elaboración del mezcal?, el 95% contestaron que sí, y 5% respondieron negativamente.

CONCLUSIONES

El análisis FODA, demostró que la comunidad de Santiago Matatlán basándose de su PIT, presenta suficientes condiciones internas y externas favorables para desarrollar el turismo rural en su modalidad de agroecoturismo; así mismo, demuestra que todos los factores internos y externos desfavorables pueden ser neutralizados y/o superados. La valorización y análisis de atractores, ilustra que Santiago Matatlán se sitúa en el seno de una zona turística ya consolidada, puesto que el Valle de Tlacolula presenta cuatro atractivos turísticos de las más altas jerarquías. Asimismo, demostró que los otros siete atractivos de menor jerarquía podrían aprovecharse para complementar y diversificar los servicios y productos de la actividad turística en Valle de Tlacolula. El estudio de mercado permitió conocer el perfil de turista y el mercado meta de los servicios y productos agroecoturísticos a desarrollar. Finalmente, con este trabajo, el potencial agroecoturístico de Santiago Matatlán ha quedado sustentado, y en todo caso, el agroecoturismo basado en el cultivo de maguey, elaboración del mezcal y vegetación xerofita se entrevé como actividad productiva factible, que no sólo podría impulsar el desarrollo de Santiago Matatlán sino que podría desencadenar el desarrollo rural de todo el Valle de Tlacolula.

LITERATURA CITADA

Comité du Patrimoine Mondial. 2010. Décision adoptées par le comité du Patrimoine Mondial a sa 34e session (Brasilia, 2010). Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture. Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel. Brasilia, Brésil, 25 juillet-3 aout 2010. pp. 246-247.

- Feinman G.M., Nicholas L.M. 2004. Hill top Terrace Sites of Oaxaca Mexico. Intensive Surface Survey at Guirún, El Palmillo and the Mitla Fortress. Anthropology. New Series N° 37. Publication 1530. Published by Field Museum Natural History. Chicago Illinois. U.S.A. pp. 89-115.
- Feiman G.M., Nicholas L.M., Haines H.R. 2007. Classic period agricultural intensification and domestic life at El Palmillo, Valley of Oaxaca, Mexico. *In: Seeking a Richer Harvest: The archaeology of subsistence intensification, innovation and change.* Ed by Fischer, C. and T. Thurston, pp. 23-62. Studies in Human Ecology and Adaptation. Volume 3. Springer, New York. U.S.A.
- Haller M.J, Feinman G.M., Nicholas L.M. 2006. Socioeconomic inequality and differential access to faunal resources at El Palmillo, Oaxaca, Mexico. *Ancient Mesoamerica*, 17(2006): 39-56.
- Harry B. 2010. La céramique de Yagul, Oaxaca, Mexique, relecture d'un site "postclassique". Thèse : Doctorat Anthropologie, Ethnologie, Préhistoire Archéologie d'Amériques UMR 8096. Université Paris I ; Panthéon-Sorbonne. Soutenue le 8 novembre 2010. pp. 32.
- OEA-IICA. 2008. Módulo 2: Proyecto: de la Idea al Análisis Previo. Agroecoturismo: Elementos básicos para implementar un proyecto de turismo innovador. Rev. 03/11/10.01. OEA-IICA. 14p.
- Pérez Barroso R. 2009. Plan municipal para el desarrollo rural sustentable de Santiago Matatlán. Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Santiago Matatlán, Tlacolula, Oax.-SAGARPA, Santiago Matatlán, Oaxaca. Febrero 2009. 115p.
- Smith B.D. 2001. Documenting plant domestication: The consilience of biological and archaeological approaches. *PNAS*. February 13, 2001. Vol.98. N°4: 1324-1326.



CARACTERIZACIÓN DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN LA REGIÓN DEL ALTIPLANO, DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

CHARACTERIZATION OF PROTECTED AGRICULTURE IN THE HIGHLANDS REGION OF SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

García-Herrera, E.J.; Gómez-González, A.; Hernández-Ríos, I.

Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Salinas, SLP. Iturbide No. 73, Colonia Centro. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. Iturbide No. 73. Col. Centro. C.P. 78620.

Autor de correspondencia: garciae@colpos.mx

RESUMEN

La agricultura protegida (AP) en México, es una alternativa de importancia socioeconómica, y su adopción no se ha dado de manera homogénea, generando diferencias en cuanto a niveles de tecnología implementados, acusando pérdidas notables en tiempo y recursos económicos. Se caracterizó una muestra de 33 unidades de AP, considerando aspectos técnico, financiero y socioeconómico en el altiplano oeste de San Luis Potosí, México, mediante aplicación de encuestas. Los resultados indicaron que se emplea un bajo nivel tecnológico, se carece del equipo mínimo para la producción con fertirrigación, no se cuenta con capacitación completa al productor, asistencia técnica escasa o nula, así como la falta de acompañamiento y seguimiento al proceso de establecimiento, adopción y consolidación de tecnologías. No existe financiamiento a las unidades de producción y se ubican dispersas y atomizadas. Las unidades pequeñas obtienen bajo volumen de producción que solo incide sobre el mercado local o regional, venden a bajos precios a intermediarios, reduciendo su rentabilidad. Las unidades de mayor volumen no tienen estrategia de mercado y comercialización. No se cuenta con organización entre productores, figura legal para obtener apoyos gubernamentales.

Palabras clave. sistemas de producción, invernadero, tecnología, hortalizas,

ABSTRACT

Protected agriculture (PA) is an alternative of socioeconomic importance in México, and its adoption has not taken place in a homogeneous way, generating differences in terms of levels of technology implemented, recording significant losses in time and economic resources. A sample of 33 PA units was characterized, taking into consideration technical, financial and socioeconomic aspects, in the western highlands of San Luis Potosí, México, through the application of surveys. The results indicated that a low technological level is used, that there is a lack of the minimum equipment for the production with fertirrigation, there is no complete training for the producer, scarce or null technical assistance, as well as a lack of accompaniment and follow-up of the process of establishment, adoption, and consolidation of technologies. There is no financing for the production units and they are located dispersed and fragmented. The small units obtain a low production volume that only influences the local or regional market; they sell to intermediaries at low prices, reducing their profitability. The units of largest volume do not have a market and trading strategy. There is no organization between producers, or legal organization to obtain government backing.

Keywords: production systems, greenhouse, technology, vegetables.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre, 2016. pp: 87-92.

Recibido: mayo, 2015. **Aceptado:** octubre, 2016.

INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida (AP) en México, representa una alternativa a los problemas de sequía y de desabasto de agua para la producción de cultivos de importancia socioeconómica para México. La (AP) es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, minimizar restricciones y efectos de los fenómenos climáticos. La agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que este sistema tenga como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a esta actividad, tales como climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o superficie). Adicionalmente, se establece que la AP ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores (Moreno, Aguilar y Luevano, 2011). Entre otras ventajas, permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, se enfrenta con mayor éxito las plagas, se pueden obtener mejores rendimientos en menor espacio, sanos y precio competitivo en los mercados (FAO-SAGARPA, 2007). En la última década, la agricultura protegida ha tenido un crecimiento importante en diferentes estados de México, sin embargo, la adopción de este tipo de tecnología no se ha dado de manera homogénea, generando niveles importantes en cuanto al tipo de tecnología y nivel de adopción por los productores. A nivel mundial la superficie de AP cultivada es de 373,569 ha. El aporte a este rubro es considerando a países como Corea del Sur (89,541), Japón (87,886), Turquía (61,776), España (45,700), Italia (39,100), Holanda, Francia y EUA con cerca de 10 mil has cada uno. México, contribuye con 21,531 ha, ya que en los últimos veinte años ha crecido con hasta 1200 hectáreas por año, predominando las casa-sombra e invernaderos de baja tecnología. En este sentido se cuenta con 30,932 Unidades que producen 3.5 millones de t de hortalizas, cultivándose jitomate (70%), pimiento (16%), pepino (10%) y otros cultivos como fresa, chile habanero, flores y especies aromáticas, generando 240 mil empleos directos y 300 mil indirectos (AMHPAC, 2013). El efecto sobre la producción de hortalizas del nivel de tecnología, repercute en cuanto a los rendimientos obtenidos y la calidad del producto.

Uno de los componentes de la agricultura protegida que determina el nivel tecnológico que se tiene para la producción de cultivos, es el tipo de sistema que se usa. Así, para la producción bajo ambiente controlado, son diversos los sistemas que se consideran partiendo desde el más básico y elemental como es el sistema de fertirrigación con cintilla (con suelo), hasta el sistema hidropónico completamente automatizado (sin suelo). Es importante que se conozca los diferentes sistemas hidropónicos que existen para la producción hortícola, considerando su funcionamiento y componentes, sus ventajas y desventajas.

En México, la AP se ha desarrollado en condiciones muy heterogéneas, en cuanto a los niveles tecnológico y el tamaño de las unidades de producción. SAGARPA (2012) reporta 18,126 unidades productivas, de las cuales 43.3% reporta tener ventas con ganancias. Con superficies de unidades de producción que oscilan desde 150 m² hasta 20 hectáreas. Según Ponce

(2011), la mayoría de los productores tienen unidades producción muy pequeña, lo que limita su acceso a tecnología, capacitación, asistencia técnica y a acceso a los mercados más exigentes, y de acuerdo al mismo autor, 86% de las Unidades es menor a 0.5 ha, 11.5% va de 0.51 a 5.0 ha y 2.5% son de más de 5 ha. Lo anterior contrasta con lo que reporta SAGARPA (2012) en cuanto al nivel de tecnología empleado, ya que menciona que 79% de las Unidades de Producción (UP) tienen un nivel alto, 17% maneja nivel medio y solo 5% tiene un nivel bajo. Con base en lo anterior, se caracterizó la agricultura protegida en el altiplano de San Luis Potosí, para determinar problemas técnicos, crediticios y socioeconómicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio denominada Altiplano Oeste del estado de San Luis Potosí, comprende los municipios de Salinas de Hidalgo, Santo Domingo y Villa de Ramos. La información para este estudio se obtuvo a través de recorridos de campo, realizando entrevistas a productores con invernaderos, aplicando un cuestionario estructurado de manera individual. También se obtuvo información realizando entrevistas con preguntas abiertas, para que el productor expresara su opinión sobre su situación respecto a la producción en invernadero. El instrumento consta de 51 preguntas, algunas con respuesta cerrada sencilla y otras de respuesta múltiple. Se dividió en cinco secciones: 1) datos generales del productor; 2) apoyos y financiamiento 3) técnica (tecnología y sistema de producción); 4) comercial; y 5) social. La caracterización del sistema de producción se hizo de acuerdo al ni-

vel de tecnificación, considerando: a) tipología de invernadero; b) tipo de estructura; c) tipo de cubierta; d) control de factores climáticos; e) sistema de riego y sistema de producción) (Ortega-Martínez *et al.*, 2014). El universo de atención se determinó considerando los registros de fuentes oficiales, resultando un total de 40 unidades de producción para su estudio, y considerando 33 como tamaño de muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del productor

La edad promedio del productor en agricultura protegida es de 43.5 años; 6.1% tiene edad menor a 25 años, 42.4% tiene edad entre 26 y 45 años; 36.4% tiene edad entre 46 y 55 años, y únicamente 15.2% registró edad superior a 56 años. En términos generales los productores dedicados a la producción bajo invernadero son adultos jóvenes. Respecto al género, el 100% de los invernaderos son manejados, por hombres, como responsables. En algunos participa la familia y en otros se contrata mano de obra. En suma, 88% de los procesos productivos del invernadero lo realizan ya sea en forma directa e indirecta los hombres y solo 12% las mujeres participan con mano de obra familiar, de igual forman lo hacen los niños y niñas. Referente a la escolaridad, 75.8% tiene primaria, 21.8% tiene secundaria y 3% cursaron preparatoria.

Con relación a la organización del trabajo, 57.6% de los productores trabaja en los invernaderos en grupo, registrando que 27.3% emplea a la misma familia y 15.2% trabaja solo, apoyándose en ocasiones con el

pago de mano obra. Generalmente la participación familiar se da en los invernaderos con superficies de entre 120 m² y 500 m², esto de acuerdo a los resultados de la encuesta, y específicamente en el municipio de Salinas, y ejido Conejillos.

Tamaño de las UP

El promedio de superficie de los invernaderos es de 1206.8 m². Con una mediana de 350 m² y una moda de 150 m². El que menor superficie tiene es de 120 m² y el mayor de 10800 m². En relación al área cultivada de invernadero, 45.5% poseen entre 100 m² y 300 m², 21.2% cultiva entre 301 m² y 600 m²; 30.3% con un rango de entre 1000 m² y 3000 m², y únicamente 3% tiene superficie de 10000 m². La AP tiene un registro de inicio en la zona de estudio en el año 1994 con una unidad, los demás iniciaron a partir del 2002 (15.1% entre 2002 y 2004; 27.3% en 2005, 15.2% entre 2006 y 2007, y 39.4% entre 2008 y 2009).

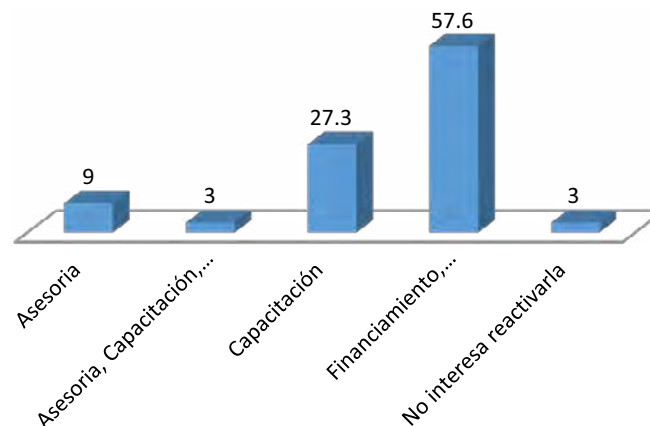


Figura 1. Actividades relevantes para reactivar u optimizar las unidades de producción rural en el área de estudio.

Organización legal

El 75.8% de los invernaderos no trabaja bajo una asociación legal, solo 24.2% lo hace, y de estos últimos, 12.1% trabaja como Sociedad de Producción Rural (SPR), 6% como Sociedad Anónima (S.A de C.V.) 1%

como Sociedad civil (S.C) y 1% como Asociación Civil (A.C). Respecto a la funcionalidad de la estructura organizativa; dentro del municipio de Villa de Ramos (localidad de El Barril), existen dos Organizaciones Económicas de Base (OEB), Invernaderos La Guadalupeana e Invernaderos El Barril, sin embargo, éstas fueron funcionales durante dos ciclos de producción (2004-2005), pero debido, a conflictos internos dejaron de funcionar y actualmente trabajan en forma individual su fracción correspondiente dentro de los invernaderos, produciendo plántula, en su mayoría chiles guajillos, puyas, anchos y mulatos. El resto de las Unidades de Producción Rural (24 en total) 6 se localizan dentro del municipio de Salinas, 2 en el municipio de Santo Domingo y 16 Villa de Ramos. La Figura 1, muestra las acciones necesarias que los productores consideran para reactivar u optimizar las Unidades de Producción Rural (UPR).

La dependencia de las UPR, es variable, en promedio siete personas dependen económicamente de cada invernadero para mantenerse. En total 99 personas dependen directamente de los invernaderos, y del de mayor superficie (1 ha) dependen 51 personas, que trabajan de manera permanente, mientras que de los invernaderos de 2000 m² y 3200 m² depende 9 y 12 personas respectivamente.

Nivel de Ingresos de los productores

La población que habita el medio rural, en esta caso en las comunidades visitadas, tiene un sistema de

producción diversificado, por tanto, sus ingresos provienen de diferentes fuentes agrícolas, ganaderas, o bien de remesas de EUA, mano de obra (obreros, jornaleros), o bien del comercio. Referente al ingreso que se tiene por venta de producto del invernadero, el 15.2% no ha tenido utilidades, esto se observa sobre todo en productores que tiene muy poca superficie de invernadero (120 m²). El 75.8% obtiene una tercera parte o menos, lo anterior para invernaderos que tiene mayor superficie (entre 1000 y 3000 m²), aunque cabe aclarar sus ingresos son bajos debido a que tienen que contratar mano de obra, en algunos casos, las ganancias se dividen en varios socios y sobre todo a que los rendimientos obtenidos son bajos, debido a que se produce con un nivel de tecnología bajo. El 9.1% tiene la mitad de sus ingresos de lo que se produce bajo este sistema. Los invernaderos se construyeron con el objetivo principal de producir hortalizas (72.7%), 12.1% para labores mixtas (plántula y hortalizas) y 6.1% para producción de plántulas. El 6.1% para producción de hongos y 3% para flores. Los cultivos más populares son, 3% flores, 6% hongos, 6% chile y 85% jitomate; 85% produce jitomate, y de estos 95% es tipo saladette. Las variedades que más se producen son: Cid (30.3%), Toro (12.1%), Anibal (9.1%), Criolla (6.1%), Nueva Italia (6.1%), de diferentes variedades (20%). Para la producción de hongos se utiliza, la variedad Shiitaki, y en flores se produce crisantemo.

En relación al tipo de invernadero, se observaron diferentes formas y características, que en ocasiones no les son favorables para lograr los objetivos, sobre todo en cuanto a altura total, la cual osciló entre 3, 4, 4.5, y hasta 5-6 m (2%, 45.5%, 18.2% y 30.3% respectivamente).

Las medidas anteriores se relacionan con la capacidad de altura para tutoreo de las plantas, así, 72.7% registraron altura de 2 m al tutoreo; 18.2% de entre 3 y 4 m, y 3% no tiene para tutoreo. Con relación a las ventanas de ventilación, 12.1% las tienen de 1 m; 57.6% de 1.5 m a 2 m; y 30.4% de 3 a 4 m. Se registró que 66.6% de los invernaderos son macrotuneles con ventilación lateral, 15.2% son bitunel o multituneles con ventana cenital, 6.1% son casa sombra, 3% capilla y 9.1% parral. La mayoría registró diferente capacidad de carga, así por ejemplo, 54.5% carece de capacidad de carga para soportar plantas en tutoreo; 42.5% su capacidad va de 20 a 25 kg m⁻²; y 3% registró capacidad de 60 kg m⁻² (Figura 2).

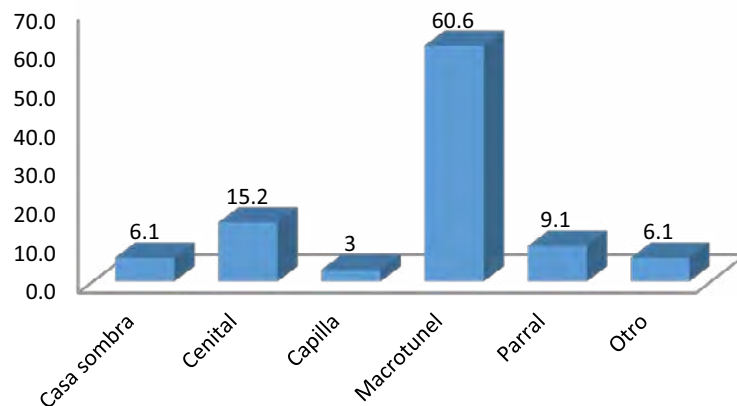


Figura 2. Distribución porcentual del tipo de estructura protegida que se usa en el altiplano oriente de San Luis Potosí.

de tecnificación alto. Sobre este aspecto cabe mencionar que los invernaderos de esta región trabajan sin el equipo necesario o elemental para producir hortalizas bajo ambiente controlado. Para abastecer de agua al invernadero, el 75.8% utiliza como fuente de agua un pozo profundo, 9.1% tiene noria y 15.2% utiliza la red de agua potable de la comunidad. El sistema de riego es goteo con cintilla, el llamado fertirriego (87.9%), de tal forma que el soporte de la planta sigue siendo el suelo (87.9%). Sólo un 12.1% tiene hidroponía, con un sustrato diferente al suelo (Figura 3).

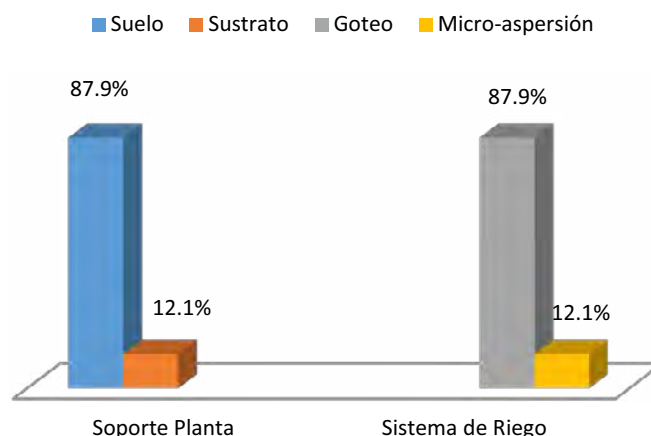


Figura 3. Tipo de material de soporte para la producción en invernadero.

Nivel de Tecnificación

Bajo este rubro, se determinó que el 69.7% y 30.3% de los productores poseen invernaderos con un nivel de tecnificación bajo y medio, respectivamente. No existen invernaderos con nivel

de tecnificación alto. Sobre este aspecto cabe mencionar que los invernaderos de esta región trabajan sin el equipo necesario o elemental para producir hortalizas bajo ambiente controlado. Para abastecer de agua al invernadero, el 75.8% utiliza como fuente de agua un pozo profundo, 9.1% tiene noria y 15.2% utiliza la red de agua potable de la comunidad. El sistema de riego es goteo con cintilla, el llamado fertirriego (87.9%), de tal forma que el soporte de la planta sigue siendo el suelo (87.9%). Sólo un 12.1% tiene hidroponía, con un sustrato diferente al suelo (Figura 3).

Características del Invernadero

Respecto al equipamiento de los invernaderos, el 78.8% no tiene exclusiva, el 93.9% no tiene malla sombra, el 84.8% no tiene malla antiáfidos

cenital, sólo 12.1% tiene malla antiáfidos lateral, el 81.8% carece de ventila cenital, ningún invernadero tiene doble plástico y el 66.7% no tiene estructura para carga. El 93.9% carece de sistema automatizado y sistema de enfriamiento. Equipados con calefacción el 72.7%, y 36.4% no tiene energía eléctrica. Lo anterior refleja el bajo nivel tecnológico de los invernaderos de esta región.

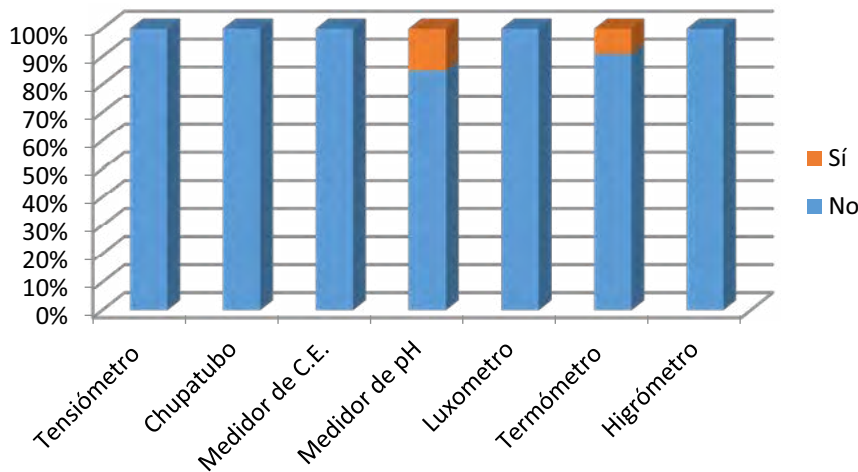


Figura 4. Distribución del equipamiento mínimo para la producción en invernadero.

Equipo de medición en el invernadero

Se registraron serias deficiencias en cuanto a equipamiento. La falta de equipo, hace que no se tenga control sobre determinadas variables, que pudieran estar afectando el potencial de los cultivos (Figura 4).

La duración del ciclo de cultivo es variable, y depende de la especie cultivada, aunque para el caso de tomate, es bastante heterogénea la duración del ciclo que va desde 120 días hasta 340 días. En promedio se tiene una duración del ciclo de 175 días, una mediana de 180 días y una moda de 150 días. Se considera que esta variación en el ciclo es debido a que no se sigue un paquete tecnológico determinado para los invernaderos de la región, de igual forma por la falta de capacitación a productores y el seguimiento en la asistencia técnica, por lo cual no se estandariza la producción.

Superficie y rendimientos

El tamaño de los invernaderos en cuanto a superficie es muy heterogéneo, ya que oscila desde 150 m² hasta un poco más una hectárea (10800 m²). 21 invernaderos tienen una superficie de entre 120 y 600 m². (3 de 120, 5 de 150, 7 de 300 y 6 de 600) y 11 de

1000 a 3000 metros y solo 1 de más de 10 mil m². Los rendimientos, también muestran un comportamiento muy heterogéneo, debido a la dependencia del ciclo de cultivo y variedad (Figura 5). Prácticamente no se tiene control de malezas, solo en los años de 2005 y 2009 se dio esta labor cultural en un 24.2% de los invernaderos. El 63.3% no aplica abono orgánico, el 21.2% aplica

estiércol de borrega, el 3% de vaca y el 12.1% aplica otro tipo de abono orgánico de origen animal sin composteo.

CONCLUSIONES

La agricultura protegida a pequeña y mediana escala en el altiplano de San Luis Potosí, muestra muchas debilidades en aspectos de desarrollo tecnológico (infraestructura y equipo de invernaderos, manejo de invernaderos, establecimiento y manejo de cultivos, etc.), de capacitación (habilidades y competencias) de competitividad comercial (estudios de mercado), de

organización estructural y administrativa. Lo anterior, permiten producir con niveles muy bajos de rentabilidad, inhibiendo su crecimiento y desarrollo, por lo anterior se reflejan los mismo patrones de comportamiento que en la agricultura tradicional. Es decir, se tienen los mismos defectos estructurales, grandes productores, que reciben todo el apoyo del estado, y pequeños productores con poco a nulo apoyo que solo producen para sobrevivir; no se les capacita, ni desarrollan habilidades y competencias necesarias para evolucionar a ser productores competitivos.

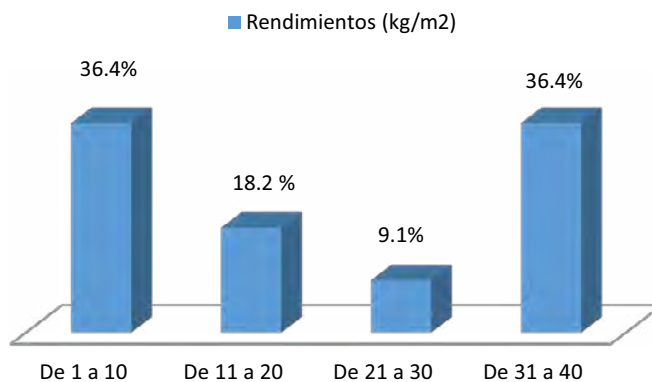
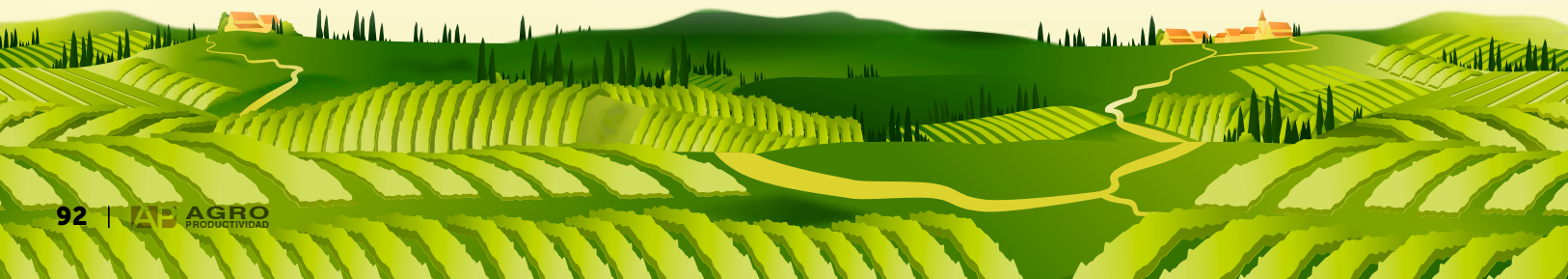


Figura 5. Rendimiento medio de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) en condiciones en invernadero en el altiplano oriente de San Luis Potosí.



LITERATURA CITADA

- AMHPAC. 2013. Asociación Mexicana de Horticultura Protegida Agricultura protegida en México (10 de agosto de 2014). Recuperado de <http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-protegida-en-mexico>
- Moreno R.A., Aguilar D.J., Luevano G.A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XV, núm. 29, julio-diciembre, 2011, pp. 763-774
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (FAO-SAGARPA). 2007. Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas (4 de diciembre de 2008). Recuperado de www.sagarpa.gob.mx/pesa/docs_pdf/proyectos_tipo/invernaderos.pdf.
- Ortega-Martínez L.D., Ocampo-Mendoza J., Sandoval-Castro E., Martínez-Valenzuela C., Huerta-De La Peña A., Jaramillo-Villanueva J.L. 2014. Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan, Puebla, México. Revista Bio Ciencias 2(4):261-270.
- Ponce-Cruz, P. 2011. Panorama Mexicano: Revisión de los Datos de la Industria de los Invernaderos en México (05 de agosto de 2014). Recuperado de <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/panorama-mexicano-revision-de-datos-de-la-industria-de-invernadero-en-mexico/>
- SAGARPA. 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (16 de agosto de 2014). Recuperado de www.sagarpa.gob.mx/datosabiertos/siap/Paginas/superficie_agricola_protegida.aspx.





Programa Adopte un Talento

Convocatoria de comunicación científica PAUTA 2016 - 2017

¿Te gusta el helado de vainilla y los pasteles sabor vainilla?

La vainilla es una planta de origen mexicano que ha conquistado el paladar de millones de personas alrededor del mundo.

Uniendo el delicioso sabor de la vainilla con la ciencia te invitamos a participar en el segundo concurso "Elabora una comunicación" que este año es sobre el tema de la Vainilla.

El Programa Adopte un Talento, convoca a todos los y las estudiantes que participan en talleres y clubes de ciencia PAUTA a difundir el conocimiento científico de la vainilla elaborando una comunicación científica gráfica y/o escrita, que se publicará en la página web del programa, basada en un artículo de investigación científica.

BASES

Participantes

1. Podrá participar cualquier estudiante de clubes y talleres PAUTA de primaria, secundaria y preparatoria.
2. Las categorías serán:
 - Primaria baja
 - Primaria alta
 - Secundaria
 - Preparatoria

Si no se reciben trabajos de alguna categoría esta se declarará desierta.





Programa Adopte un Talento

Características del trabajo

3. La comunicación debe estar basada en el artículo científico que será asignado por el tallerista de acuerdo al nivel educativo del participante.
4. Las comunicaciones deberán presentarse de forma individual.
5. El participante puede solicitar ayuda de su tallerista o docente, recordando que el autor del artículo debe ser el estudiante.
6. Las comunicaciones presentadas deberán ser inéditas basadas en el artículo científico asignado.
7. Deberán incluir texto e imágenes.
8. La extensión de la comunicación será libre.
9. Si se utilizan imágenes, que no son de autoría del participante, se deberá especificar su origen y tener el permiso para incluirlas en la comunicación.
10. Las comunicaciones deberán contener el nombre completo del participante, grado escolar, escuela, dirección de correo electrónico, número telefónico, ciudad y estado. Si recibe apoyo de su tallerista o docente para la elaboración de la comunicación debe especificarlo, anotando su nombre.
11. Las comunicaciones en formato Word, deberán ser enviadas por los participantes al correo electrónico convocatorias@pauta.org.mx.

Fechas importantes

12. Los trabajos se recibirán a partir de la publicación de la convocatoria (14 de noviembre) hasta el 29 de enero de 2017.

Otros

13. Todos los participantes recibirán una constancia de participación.
14. Los derechos de uso y reproducción de las comunicaciones elaboradas por los participantes serán cedidos al Programa Adopte un Talento quien podrá hacer uso de ellas con fines de promoción y divulgación.
15. Cualquier situación no contemplada en la presente convocatoria será resuelta por el Programa Adopte un Talento.

RESULTADOS

Un jurado conformado por científicos seleccionará la mejor comunicación de cada una de las categorías.

Los ganadores obtendrán una suscripción a una publicación científica.

